



Ростелеком

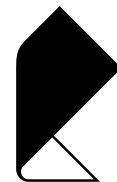


Иннопрактика

КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



#ПроектныйОфисФИПС



Ростелеком



Иннопрактика

Патентный ландшафт

«КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»



#ПроектныйОфисФИПС

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	10
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	16
2. МОДЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ	20
Симуляторы	20
Моделирование и алгоритмы	20
Вычисления и оборудование	21
Метрология и датчики	21
Коммуникация и криптография	22
3. ТРЕНДЫ	26
Наиболее ценные базовые технические решения	37
Твердотельная квантовая память на основе ядерного	
спина, связанного с электронным спином	37
Генерация квантовых схем с использованием	
детерминированных блужданий	39
Передачик, приемник и элементы системы	
квантовой связи	40
Системы и методы квантовой обработки данных	44
Правовой статус патентных документов	45
4. КОМПАНИИ И ЛЮДИ	50
5. ГЕОГРАФИЯ ПАТЕНТОВАНИЯ	70
6. РЫНКИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ	84
Анализ рубрик МПК	87
7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СЕГМЕНТЫ	100
Симуляторы	100
Симулирующие фермионы гейты	101
Моделирование и алгоритмы	103
Автоматическая оптимизация крупномасштабных	
квантовых схем с непрерывными параметрами	105
Вычисления и оборудование	107
Метод и устройство для адиабатического квантового	
отжига	109

Метрология и датчики	111
Химический датчик с использованием принципа квантовой	
запутанности фотонов	112
Коммуникация и криптография	114
Система безопасных платежей и аутентификации с	
усиленной функцией безопасности с использованием	
квантовой криптографии	116
Анализ коллекций по технологическим сегментам	117
О ПРОЕКТНОМ ОФИСЕ ФИПС	138
АВТОРСКАЯ ГРУППА	139
О КОМПАНИИ ПАО «РОСТЕЛЕКОМ»	140
ОБ ИНСТИТУТЕ РАЗВИТИЯ «ИННОПРАКТИКА»	142
ОБ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЕ	143
ДИСКЛЕЙМЕР	145
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Термины и определения	146
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Сокращения	150
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Список двухбуквенных кодов стран	151
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Распределение семейств по рубрикам МПК	152
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Патенты белой зоны	154



ГЛАЗКОВ
Борис Михайлович
 Вице-президент ПАО «Ростелеком»



ИВЛИЕВ
Григорий Петрович
 Руководитель Федеральной службы
 по интеллектуальной собственности
 (Роспатент)



ЕНА
Олег Валерьевич
 Руководитель проектного
 офиса Федерального института
 промышленной собственности

Дорогие друзья,

Мы продолжаем серию «цифровых» патентных ландшафтов. Вы держите в руках новый отчет по теме «Квантовые технологии». Этот продукт создан Роспатентом, Проектным офисом ФИПС в сотрудничестве с ПАО «Ростелеком» и негосударственным институтом развития «Иннопрактика».

В нашей работе участвовали лучшие эксперты и аналитики ведущих российских центров компетенций в области квантовых технологий: Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, Российского квантового центра, Университета ИТМО, Физико-технологического института имени К. А. Валиева Российской академии наук.

В настоящее время квантовые технологии во всем мире проходят период интенсивного развития, формируя широкую технологическую повестку исследований и разработок в сфере квантовой обработки информации и квантовой связи.

Наше исследование раскрывает современное состояние развития квантовых технологий, выявляет ведущие мировые компании, показывает движения компаний на рынках.

В отчёте выявлены ключевые инсайты, как технологической, так и бизнес-направленности, и даны рекомендации российским компаниям по реагированию на современные тенденции квантовых технологий и связанные с этим риски.

Предлагаемый вашему вниманию патентный ландшафт может стать полезным инструментом для профессионального сообщества.

ВВЕДЕНИЕ



Патентный ландшафт по теме «Квантовые технологии» разработан проектным офисом ФИПС для целей ПАО «Ростелеком» с привлечением высококвалифицированных экспертов в этой области при консультационной поддержке негосударственного института развития «Иннопрактика».

Представленные в отчете аналитические материалы созданы на основе патентной информации – сведений о зарегистрированных патентных заявках и выданных патентах, публикуемых патентными ведомствами всех стран мира.

Патентная информация обладает рядом качеств, которые делают ее важным источником сведений для раскрытия технологических трендов, с одной стороны, и для понимания рыночных процессов, – с другой стороны. В первую очередь, это обязательность уровня технологического раскрытия (technological disclosure): патентные документы для прохождения экспертизы должны содержать гораздо более детальное технологическое описание новизны предлагаемой технологии / продукта по сравнению с научными публикациями и описаниями в интернете.

Важным качеством патентной информации является ее ценность: высокие затраты на охрану изобретений (территории, тематики): чем больше ресурсов компания вкладывает в патентование технологии / продукта, тем более ценным для компании является изобретение. Правильный анализ аспектов, связанных с затратами компаний на патентование, позволяет исследовать бизнес-стратегии компаний и потенциал коммерциализации технологий.

В совокупности с открытостью, структурированностью и универсальностью представления патентных документов патентная информация является наиболее важным и всеобъемлющим активом при анализе современных технологий.

В настоящем исследовании в качестве единицы проведения анализа выбрано патентное семейство (patent family).

Патентное семейство – это все патентные публикации, относящиеся к одному изобретению. Патентные семейства обладают несколькими полезными свойствами: исключают дублирование, устраняют языковые барьеры, указывают на географию изобретения, раскрывают технологические тренды.

В большинстве случаев при проведении временного анализа в качестве даты использована дата приоритета патентного документа, если не указана другая дата.

Приоритет – первая (приоритетная) заявка на изобретение, поданная заявителем в одно из национальных патентных ведомств. С точки зрения патентного анализа, возникновение и динамика приоритетов говорит о состоянии и развитии исследований и разработок в рассматриваемой области. В этом контексте выбор даты приоритета как основополагающего измерения для временного анализа позволяет сконцентрировать исследование на технологических аспектах, связанных с появлением и развитием центров исследований и разработок в области квантовых технологий.

В настоящем исследовании приоритеты будут часто сопоставляться с патентными заявками. Рост числа патентных заявок в рамках одного семейства свидетельствует об интересе компаний-заявителей к выводу своих технологий на новые рынки.

В представленном исследовании патентный поиск и разработка аналитических представлений выполнены в профессиональной информационно-поисковой аналитической системе Questel Orbit.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ



ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

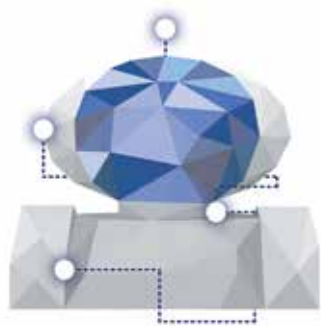
Квантовые технологии обработки информации и квантовой связи в мире проходят период интенсивного развития, формируя широкую тематическую повестку исследований и разработок. Однако коммерческое использование квантовых технологий пока не находит широкого отраслевого применения (медицина, транспорт, энергетика и пр.). Тематическая область монополизирована американскими и китайскими компаниями, которые проявляют повышенную активность по двум главным направлениям: квантовые вычисления и квантовые коммуникации.

В этих условиях для России целесообразно организовать системные процессы мониторинга новейших разработок и технологий, консолидировать усилия по разработке новых российских квантовых технологий и наладить технологическую кооперацию между ведущими российскими организациями.



Технические решения в области КОИКС основываются на базовых квантовых достижениях.

При анализе технических решений в области КОИКС необходимо исследовать генезис технологий, выявляя наиболее ценные решения из технологий разных поколений развития КОИКС.

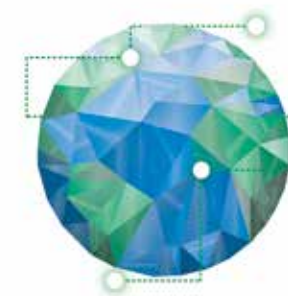


Область переживает интенсивное обновление технологий. Около 40% коллекции – молодые семейства, состоящие только из заявок.

Организация системных процессов мониторинга новейших разработок и технологий, появления новых групп технологий и новых областей применения. Целесообразно более глубокая декомпозиция предметной области и углубленный технический анализ в отношении наиболее важных групп технологий.

Заявители видят в своих разработках потенциал практического применения. Каждое третье некое решение подано в три и более стран. Компании придерживаются защитных стратегий патентования своих технических решений.

Целесообразно исследовать технологии и продукцию ведущих компаний, выводимые на глобальные рынки в целях определения тактики и объемов патентной охраны российских квантовых технологий, особенно, с перспективой экспорта.



Разработки в области КОИКС предполагают финансирование крупных организаций и государства. Многие компании-лидеры разрабатывают квантовые технологии в рамках государственных проектов, в том числе военного назначения. Подавляющее большинство таких проектов связано с квантовыми коммуникациями и вычислениями. Northrop Grumman использует специальные механизмы патентного законодательства США, когда единственной публикацией семейства является выданный патент.

Целесообразна консолидация усилий по разработке новых российских квантовых технологий, как на уровне государства, так и на уровне координирующих центров. Необходима выработка новых комплексных подходов к патентной охране российских квантовых технологий, обеспечивающих, с одной стороны, хорошую защиту решений, с другой стороны, неразглашение технических решений, наиболее значимых с точки зрения технологической безопасности государства.



В США, Канаде и Австралии активно развиваются практики патентования алгоритмов и программного кода («software based patents»).

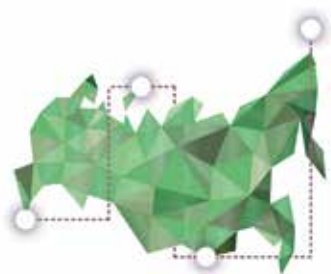
Форсированное исследование и применение лучших практик патентования «software based patents».





Исследования и разработки в области имеют высокий уровень научно-технологической сложности. Значительная часть технических решений принадлежит научно-исследовательским организациям и R&D центрам крупных компаний. Многие компании-лидеры представлены в нескольких технологических сегментах.

Развитие технологической кооперации между ведущими российскими организациями, разрабатывающими новые квантовые технологии. Целесообразна экспертиза новых технических решений ведущих мировых компаний в целях формирования государственных программ исследований и разработок Российской Федерации.



Патентная активность России в области КОИКС низкая. Российские заявители испытывают трудности с патентованием технических решений. Вместе с тем, в России наблюдается активность технологических компаний в области новых квантовых технологий; сформированы профильные технологические центры; реализованы механизмы государственной поддержки исследований и разработок в области КОИКС.

Целесообразно развитие методически зрелой практики патентования новых технических решений в области КОИКС, в том числе реализация образовательных программ, экспертных мастер-классов, создание репозитория лучших практик патентования и др.

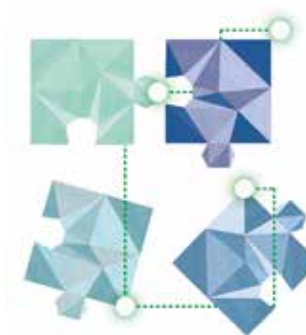


Индия и Россия имеют контрастные технологические компетенции, что создает предпосылки для сотрудничества.

Целесообразна ревизия соглашений о научно-технологическом сотрудничестве между Россией и Индией в целях усиления роли исследований и разработок в области КОИКС.

Квантовые технологии имеют невысокий уровень зрелости и не находят широкого отраслевого применения (медицина, транспорт, энергетика и пр.)

Целесообразно выявлять технологии с высоким уровнем зрелости и подтвержденным отраслевым применением в целях коррекции программ исследований и разработок; облика перспективных технических решений и выявления новых областей применения квантовых технологий.



С 2012 года активно позиционируются технические решения, связанные с областями квантовой коммуникации и криптографии, а также квантовых вычислений и оборудования. Для квантовой коммуникации и криптографии характерен целенаправленный трансфер от научных центров крупным компаниям, в рамках одного холдинга. Патенты по квантовой коммуникации и криптографии представляют большой интерес для заявителей на европейском рынке.

Рекомендован анализ лучших практик коммерческого использования и трансфера технологий в области квантовых коммуникаций и криптографии, создание специализированных центров трансфера технологий.





ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ



ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Квантовые технологии – это технологии, основанные на явлениях квантовой физики, которые не могут быть объяснены в рамках классических теорий. Несмотря на то что развитие квантовой физики привело к активному росту информационных технологий в XX веке, в плане создания аппаратного обеспечения (hardware), принципы представления и обработки информации (software) оставались вполне классическими. Этот этап развития квантовых технологий основан на коллективных квантовых свойствах вещества / поля, которые привели к существенному прогрессу в энергетике (атомная / ядерная энергетика) и метрологии (атомные стандарты частоты и времени). Ряд уже существующих технологий, например, микроэлектроника, полупроводниковые оптические приборы, лазерная техника и др. используют достижения квантовой физики и широко распространены в настоящее время.

В конце XX в. были предложены принципиально новые технологии, основанные на использовании более тонких эффектов квантовой физики, которые можно назвать технологиями «квантовой обработки информации». Эти технологии представления и обработки информации используют уникальные свойства, присущие исключительно квантовым системам: квантовые корреляции, запутанность и суперпозиция квантовых состояний, принцип неопределённости Гейзенберга и запрет клонирования неизвестных квантовых состояний. Принципиальное отличие от предыдущего этапа развития квантовых технологий – возможность манипуляций одиночными квантовыми объектами на всех стадиях их эволюции: генерация, преобразование и измерение.

Всё это создало основу для революционного прорыва в области информационных технологий XXI века – появления квантовой обработки информации и квантовой связи (КОИКС).

Сегодня КОИКС – новая бурно развивающаяся междисциплинарная область знаний, которая обладает огромным потенциалом, в частности, даёт возможность получить огромную вычислительную мощность, далеко выходящую за пределы возможностей любого классического компьютера, и гарантирует аб-

солютную безопасность связи. В свою очередь, это будет иметь огромный эффект в научно-технической, экономической и социальной сферах деятельности общества.

Структурно квантовая обработка информации и квантовая связь стоит на «трех китах»:

- квантовые вычисления и квантовое моделирование;
- квантовые коммуникации и квантовая криптография;
- квантовая метрология и квантовые сенсоры.

В связи с этим направление данного исследования было сфокусировано на квантовой обработке информации и квантовой связи.



МОДЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ



МОДЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отдельный этап разработки патентного ландшафта связан с разработкой модели, включающей необходимую и достаточную информацию для формирования непротиворечивой и полной коллекции патентов для последующего анализа.

Модель предметной области задает широту охвата и границы исследования и определяет ключевые аспекты, важные для формирования сбалансированной и полной информационной среды. Главная задача модели – сделать так, чтобы включаемые в нее элементы обеспечили релевантность поиска в патентных базах данных. Помимо этого, модель нужна не только для поиска по основной концепции, но и для выделения важных групп задач целеполагания, систем, технологий, устройств, для которых выполняется отдельный анализ.

Модель области «Квантовая обработка информации, квантовая связь», в соответствии с концепцией, включает пять оснований, более подробно описанных ниже.

СИМУЛЯТОРЫ

Квантовые симуляторы – специализированные вычислительные устройства, используемые для изучения свойств различных сложных систем (систем, в которых количество возможных состояний очень быстро растет с числом компонентов). Это достигается путем воспроизведения эволюции параметров исследуемой системы в динамике доступной для экспериментального контроля и манипуляций квантовой системы (квантового симулятора). Основным требованием к квантовому симулятору является возможность экспериментального контроля его параметров – например, величины и характера взаимодействия, геометрии системы, плотности и др.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АЛГОРИТМЫ

Компьютерное моделирование – одно из основных средств, определяющих вектор развития квантовых информационных технологий. Детальная симуляция квантово-механической системы

позволяет лучше понять процессы, возникающие в процессе эволюции изучаемой физической системы. Особенно важным является моделирование на основе параметров реальных физических систем с учетом квантового шума, который является основным препятствием на пути к полномасштабным квантовым вычислениям.

Под квантовым алгоритмом понимается последовательность квантовых операций, которые применяются к заданному регистру квантовых битов для решения поставленной задачи. Основным смыслом применения квантовых алгоритмов в том, что некоторые важные научные и практические задачи могут быть решены намного быстрее, чем при использовании самых эффективных известных классических алгоритмов.

ВЫЧИСЛЕНИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ

Квантовые компьютеры представляют собой класс вычислительных устройств, которые используют для обработки информации квантовые явления, такие как суперпозиция и запутанность. Элементарными информационными единицами при работе квантового компьютера являются кубиты – квантовые «аналоги» классических битов информации. Благодаря явлению квантовой суперпозиции кубиты могут быть и логическим нулем «0», и логической единицей «1» одновременно (в отличие от классических битов, которые могут быть лишь в одном из этих состояний). За счет такого «квантового параллелизма» в определенных классах математических задач квантовые компьютеры могут продемонстрировать существенное превосходство над классическими технологиями.

МЕТРОЛОГИЯ И ДАТЧИКИ

Квантовые сенсоры используют квантовые материалы и устройства на их основе, отличающиеся от классических тем, что используют квантовые свойства суперпозиции, перепутанности и сжатия квантовых состояний, что позволяет одноз-

начно выделить полезный сигнал среди шума и обеспечить сверхчувствительность измерения превышающими предел точности измерений, который может быть достигнут классическими методами.

Квантовая метрология также основана на сверхточных измерениях с использованием квантовых состояний, и применяется в стандартах частоты-времени (квантовые колебания в атомах), сопротивления (квантовый эффект Холла), напряжения (сверхпроводящие джозефсоновские переходы).

КОММУНИКАЦИЯ И КРИПТОГРАФИЯ

Квантовая коммуникация (квантовая связь) – это совокупность методов для передачи квантовой информации, т. е. информации, закодированной в квантовых состояниях, из одной пространственной точки в другую. Носителями квантовой информации являются квантовые системы, которые могут находиться в различных квантовых состояниях. Квантовая коммуникация является неотъемлемой частью междисциплинарной отрасли «Квантовая обработка информации, квантовая связь».

В основном, прогресс в области квантовой коммуникации связан с развитием квантовой криптографии, основной задачей которой является осуществление постоянной смены секретных ключей в автоматическом режиме без участия операторов, что исключает человеческий фактор. Данные ключи предназначены для дальнейшего использования в системах симметричного шифрования. Глобальная цель систем квантовой коммуникации – создание сетевой реконфигурируемой полностью автоматизированной инфраструктуры смены ключей, которая включает распределение ключей как по волоконно-оптическим линиям, так и через атмосферные каналы, включая спутники.



ТРЕНДЫ



ТРЕНДЫ

Более 200 тыс. различных словосочетаний, относящихся к области квантовых технологий, выявлено в патентных документах за последние 10 лет. При этом технических решений (семейств), которые относятся к результатам второй квантовой революции, насчитывается всего 3 972 за тот же период.

Поиск патентных документов, относящихся к квантовым технологиям обработки информации и квантовой связи, выявил 8 662 патентных документа (публикации). Из них 2 021 документ является выданным патентом на изобретение, 344 документа являются полезными моделями, остальные документы распределяются между группой заявок на рассмотрении (6 114 публикаций) и группой сопутствующей документации (переводы, описания и т.д.). Результаты поиска актуальны на дату 22 мая 2019 года.

Сопоставление числа публикаций и патентных семейств является важным методом при анализе трендов, поскольку позволяет оценить общие темпы роста патентования с точки зрения роста числа исследований и разработок (через увеличение числа семейств) и роста интереса к выходу на рынки (рост числа публикаций).

Данные по числу патентных семейств и публикаций по годам представлены на рисунке 1.

Анализ динамики количества семейств, представленной в виде графика на рисунке 1, позволяет сделать вывод о том, что на всем протяжении рассматриваемого периода имеет место устойчивое наращивание темпов развития технологий. Это говорит о том, что разработки в этой области велись и до 2009 года в рамках общего развития направления квантовых технологий. Таким образом, новые технические решения основываются на базовых квантовых достижениях, которые затем специфицируются для новых задач и областей применения. Максимальная патентная активность новых технических решений наблюдается в 2017 году. Также необходимо учитывать тот факт, что в настоящее время опубликованы не все заявки, поданные заявителями в интервале с 2016 по 2019 годы.

**Технические
решения
в области КОИКС
основываются на
базовых квантовых
достижениях**

Динамика патентной активности в области КОИКС

Рисунок 1



Растущая динамика публикационной активности может говорить о том, что рынок КОИКС в настоящее время развивается, но пока что на нем отсутствуют оптимальные, надежные и универсальные решения. Исследователи и разработчики различных стран находятся в активном поиске оптимальных решений для рынка, но подходы к реализации таких решений не являются для них очевидными.

Для обоих графиков (публикаций и семейств) отмечается интенсификация патентования в 2016 году, что может свидетельствовать о разработках таких технологий, которые влекут за собой существенные улучшения эффективности или других параметров. Это также может быть связано с появлением онлайн доступа к квантовым процессорам IBM в 2016 году. Многие исследователи получили возможность работать с реальным техническим результатом, что и могло привести к росту научных публикаций и патентов.

Отмечается, что количество публикаций превышает количество семейств с 2009 года, что характеризует развитие патентования, в данной области, которая в 2016 году начала входить в фазу коммерциализации технических решений. Об этом свидетельствует увеличение разрыва между графиками публикаций и семейств, т.к. увеличение числа публикаций является характерным признаком в тех ситуациях, когда компании начинают расширять семейства, подавая заявки в национальные ведомства других стран, а также через международные процедуры патентования РСТ для расширения географии охвата. Расширение географии патентования обычно является базовым показателем намерения компаний использовать свои разработки на зарубежных рынках с целью получения экономической выгоды.

16-КУБИТНЫЕ КВАНТОВЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ УЖЕ ДОСТУПНЫ ОНЛАЙН

Через год после того как ученые из IBM открыли доступ к 5-кубитному квантовому процессору, компания запустила более мощную и продвинутую систему. В 2017 году компания вывела 16-кубитный квантовый компьютер онлайн – поработать с ним можно с помощью платформы IBM Cloud, на которой уже были проведены 300 тыс. квантовых экспериментов



Около 40% коллекции – молодые семейства, состоящие только из заявок

Превышение количества семейств над количеством получаемых патентов говорит о том, что большое число семейств (около 40% коллекции), начиная с 2015–2016 годов, являются молодыми и состоят только из заявок. Однако активно растущее число патентов в последние несколько лет позволяет прогнозировать намерения заявителей к территориальному расширению охраны.

В то же время, отмечается заинтересованность заявителей в технологическом охвате разработок и увеличении объема правовой охраны для защиты от потенциальных конкурентов. Значения показателей графика публикаций в 4–5 раз выше, чем показатели

графика патентов. Помимо географической экспансии компании довольно часто подают заявки, в которых испрашивается правовая охрана для той же юрисдикции. Отличие заключается в том, что в поданном документе изменены независимые пункты формулы, которые изменяют объем правовой охраны относительно ранее поданных. Увеличение объема правовой охраны является характерным для тех семейств, где заявители видят риски, связанные с конкуренцией. Компании, таким образом, предпринимают превентивные меры по ограничению действий конкурентов в отношении своих разработок. Такая ситуация свидетельствует о наличии важных с точки зрения заявителя технологий, которые имеют положительные перспективы коммерциализации.

Заявители видят в своих разработках экономическую выгоду

Динамика выдачи патентов КОИКС

Рисунок 2

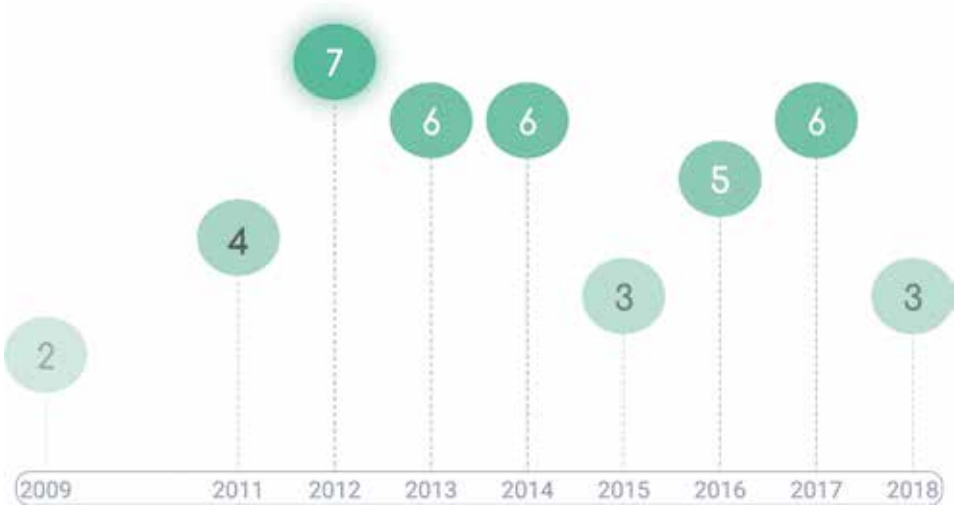


Патентная
активность России
в области КОИКС
низкая

Что касается патентования технических решений в области КОИКС в России, то в коллекции выявлено всего 42 семейства. В эту группу вошли как семейства с резидентами-заявителями, так и семейства, принадлежащие зарубежным компаниям, которые испрашивают первые приоритеты в России. Динамика патентования российского сегмента представлена на рисунке 3. За основу графика взята дата приоритета, таким образом, наглядно представлены периоды, когда патентная активность России в рассматриваемой области достигала максимальных показателей: пики патентования приходятся на 2012, 2013 и 2017 годы.

Рисунок 3

Патентование КОИКС в России



Распределение семейств по числу документов в семействе представлено на рисунке 4. Анализ диаграммы дает представление о степени зрелости семейств в коллекции, а также о стратегиях патентообладателей в данной области: на какую широту территориального охвата они предпочитают выводить свои разработки.

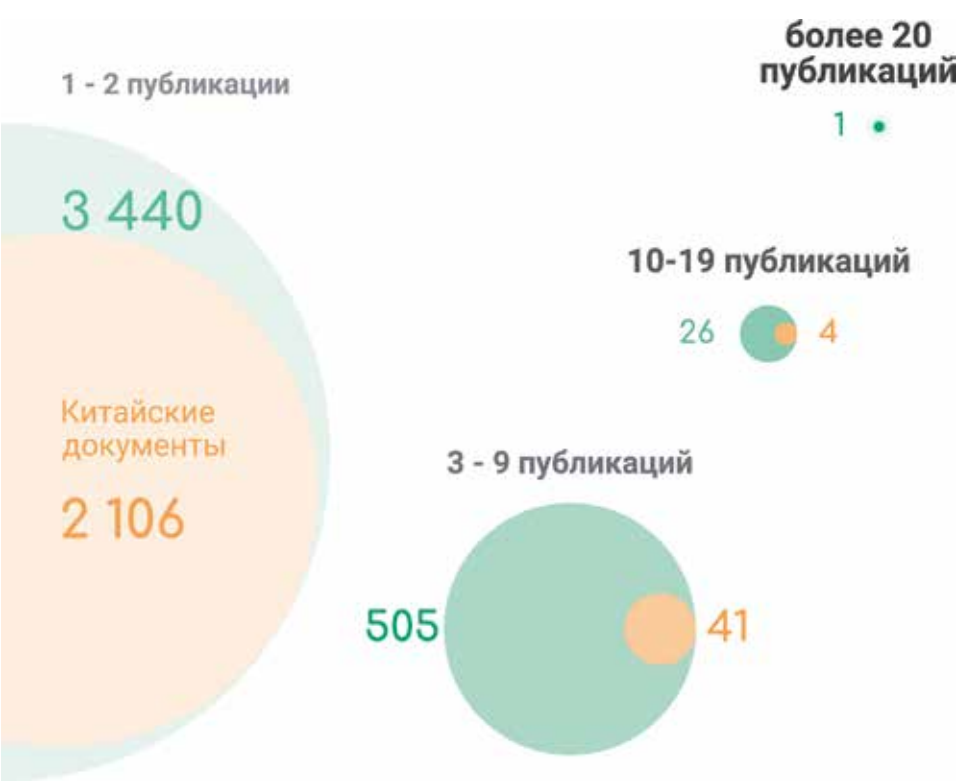
В зависимости от числа документов семейства были поделены на 4 группы.

1) Наиболее многочисленная группа – это семейства с одной-двумя публикациями. Таких семейств в коллекции 3 440, что

составляет 86% от общего числа семейств. Это говорит о том, что большинство семейств коллекции либо ориентированы на внутренний рынок и не выводятся компаниями на международный уровень, либо являются молодыми и имеют потенциал к дальнейшему территориальному расширению. Отмечается, что доля Китая в этой группе очень велика, следовательно, более 50% семейств, представленных в этой группе, ориентированы исключительно на китайский внутренний рынок. Одновременно с этим доля китайских семейств, приходящихся на другие группы публикаций, составляет всего 1%. В целом такое распределение семейств по числу документов некитайской части семейств говорит о том, что рынки находятся на стадии формирования, что обуславливает отдаленный потенциал коммерциализации.

Распределение семейств по количеству публикаций

Рисунок 4



Компании придерживаются защитных стратегий патентования своих технических решений

Каждое третье не китайское решение подано в три и более стран

Семейство, которое имеет наибольшее число юрисдикций, принадлежит компании Google

2) Вторая по многочисленности группа – это семейства с 3–9 публикациями, которые составляют 12 % от общего числа семейств (505 семейств). Сюда в основном относятся семейства, патентообладатели которых расширяют технологическую область охвата патентов, подавая заявки на разные аспекты одной технологии. Доля Китая здесь значительно ниже. Комплексные решения охраны компаний-владельцев таких семейств в большей степени относятся к защитным стратегиям технических решений. То есть компании подают заявки в одной стране, расширяя объем правовой охраны изобретения. Такая стратегия подачи заявок защищает конкретные технические решения от действий со стороны конкурентов и повышает уровень техники в этой области.

3) Третья группа – семейства с 10–19 документами. Таких семейств в коллекции 26. Как правило, такие семейства принадлежат компаниям, которые вышли со своей продукцией на мировой рынок и закрепились на нем. При этом отмечается, что каждое третье не китайское решение подано в три и более стран.

4) Последняя группа составляет менее 1% от общего числа семейств. Здесь территориальный охват значительно шире, чем в остальных группах, т.к. семейства содержат в себе 20 публикаций и более, в коллекции всего 1 такое семейство.



Распределение семейств по количеству публикаций является одним из главных показателей для определения фокуса исследования. Ситуация, характерная для китайских заявителей, позволяет сделать следующие выводы. Основные разработки китайских патентообладателей ориентированы на внутренний рынок. Таким образом, китайский рынок квантовых технологий специфически обособлен от мировых трендов патентования, а китайские заявители, по-видимому, имеют трудности с выводом своих разработок на международные рынки в связи с высоким требованием к уровню техники в мире и характером технологической составляющей. В связи с этим предполагается, что не китайский сегмент коллекции имеет большую коммерческую значимость и применимость в мировом масштабе и, в частности, на российском рынке. Однако стоит также отметить разработки крупных китайских компаний, которые выходят со своими технологиями на зарубежные рынки. Исходя из этого, дальнейшее исследование было выполнено без учета китайских семейств, география патентования которых ограничивается только национальным рынком. Скорректированная коллекция составила 2 193 семейства.

Скорректированная коллекция без учета китайских резидентов составила 2 193 семейства

Семейства по индикаторам зрелости

Таблица 1

Базовая публикация	Заявитель	Число публикаций в семействе	Число патентов в семействе	Число юрисдикций в семействе	Число юрисдикций с патентами
US20160125102	NORTHROP GRUMMAN SYSTEMS	17	4	7	3
CA2936112	GOOGLE	24	2	8	2
US20160364653	IBM	19	7	6	2
US20120319085	GLOBALFOUNDRIES	17	4	5	2
WO2012044852	LOS ALAMOS NATIONAL SECURITY	19	5	4	1
WO2015/178990	RIGETTI	18	2	3	1

С целью дальнейшего более детального анализа семейств коллекции были определены следующие индикаторы:

- 1) общее число публикаций в семействе;
- 2) число выданных патентов в семействе;
- 3) число юрисдикций, на которые вышла хотя бы одна заявка семейства;
- 4) число указанных в семействе стран, в которых делопроизводство по заявкам доведено до выдачи патента.

Соотношение перечисленных критериев помогает выделить наиболее сильные семейства одновременно с точки зрения территориального охвата и завершенности цикла правовой охраны, то есть зрелости объектов техники для выхода на международные рынки. Значения индикаторов для наиболее крупных патентных семейств сведены в единую таблицу.

Анализ рассматриваемых показателей позволяет сформировать представление о стратегиях компаний, которых они придерживаются на международной арене. Так, большое число публикаций в семействе в сравнении со значительно меньшим числом юрисдикций говорит о том, что компании следуют стратегии охраны разработок от возможных конкурентов на уже существующих рынках. Круг наиболее интересных для заявителей рынков патентования определяется по большей части странами, в которых ведется наиболее активная разработка решений в области КОИКС, а также собственные R&D центры и производственные площадки. В целом, все компании коллекции, у которых отмечаются семейства с количеством публикаций от 15 и выше, придерживаются схожих стратегий, когда число публикаций увеличивается в юрисдикциях с уже существующими публикациями. Все семейства рейтинга принадлежат американским компаниям, что может свидетельствовать о монопольном лидерстве США в этой области. Семейства американских компаний имеют наибольшее число публикаций, а также юрисдикций патентования, поэтому ценность их технических решений представляется наиболее высокой.

Наибольшее число крупных семейств принадлежит компании Google. Семейства компании имеют большое число публикаций, при небольшом числе патентов в юрисдикциях, основными из которых являются США и Австралия. Территориальный охват се-

**В области КОИКС
отмечается
монопольное
лидерство компаний
из США**

мейств в других странах позволяет предположить, что компания с помощью правовых инструментов ограничивает деятельность конкурентов в соответствующей технологической области. Базовая публикация семейства с наибольшим числом публикаций – CA2936112 «Constructing and programming quantum hardware for robust quantum annealing processes» с датой приоритета 06.01.2014 года. Изобретение относится к построению и программированию квантового оборудования для процессов квантового отжига, которое может выполнять надежную обработку информации при ненулевых температурах.

Наибольшим числом юрисдикций, в которых обеспечена защита собственных патентов, обладает американская компания Northrop Grumman. Базовая публикация семейства US20160125102 с датой приоритета 29.10.2014 года относится к изобретению с названием «Reciprocal quantum logic (rql) circuit synthesis» и описывает метод генерации обратной квантовой логики (RQL) с помощью инструмента синтеза. Семейство имеет международные заявки по процедуре РСТ с выходом на национальные фазы в Канаде, Австралии, Корее, Японии.

Наибольшее число патентов в семействе отмечается у компании IBM. Базовая публикация данного семейства US20160364653 с датой приоритета 12.06.2015 года, в семействе практически все патенты получены на территории США. Второй юрисдикцией с патентом является Великобритания. Заявки поданы также в Германию, Китай и Японию через процедуру международного патентования РСТ. Стоит отметить, что для компании IBM характерно активное патентование в США, что может свидетельствовать о том, что компания расширяет объем охраны технического решения для защиты от потенциальных конкурентов. Патент имеет название «Modular array of vertically integrated superconducting qubit devices for scalable quantum computing» и относится к организации масштабируемого квантового вычислительного устройства. Аналогичные стратегии используют американские компании Rigetti и Los Alamos National Security. Фокус патентования направлен на США, однако оба семейства компаний имеют большое число заявок в ВОИС и ЕПВ, что свидетельствует о намерениях защиты своих решений на территории других стран. При этом стоит отметить, что Los Alamos National Security – это, фактически, государственная компания со всей соответствующей спецификой

**Компании-лидеры
имеют доли
государственного,
в том числе
военного участия,
что характеризует
их технологическую
специфику**

Значительная часть технических решений принадлежит научно-исследовательским организациям и R&D центрам крупных компаний

Разработки в области КОИКС предполагают финансирование крупных организаций и государства

Для квантовой коммуникации и криптографии характерен целенаправленный трансфер от научных центров крупным компаниям, в рамках одного холдинга

деятельности. Семейство, принадлежащее компании Rigetti, с базовой публикацией WO2015/178990 и датой приоритета 27.02.2105 года описывает метод управления многомерной матрицей кубитных устройств. Патент US9680641 с датой приоритета 30.09.2010 года принадлежит компании Los Alamos National Security (головная организация AECOM) и описывает методы квантового распределения ключей (QKD).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наибольшим территориальным и технологическим охватом обладают семейства крупных транснациональных корпораций, таких как Google, IBM, Northrop Grumman, Los Alamos National Security, которые имеют возможности для охраны своих технических решений в определенном круге стран. Эти страны в основном являются наиболее активными разработчиками в области квантовых технологий обработки информации и квантовой связи. Также отмечается, что эти компании имеют доли государственного, в том числе военного участия, что также характеризует их технологическую специфику в области КОИКС. Более специализированные компании, такие как Rigetti, имеют небольшое число юрисдикций и сосредотачивают свои усилия на национальных рынках, расширяя технологический охват своих разработок.

Значительная часть технических решений принадлежит научно-исследовательским организациям и R&D центрам крупных компаний. Это связано в основном с тем, что исследования носят фундаментальный характер, а для их реализации необходимо финансирование крупных организаций или государства. Для области квантовой коммуникации и криптографии характерно осуществление целенаправленного трансфера технологий для приобретения выгод от самостоятельного использования или лицензирования. Примером такого трансфера может служить приобретение технических решений Toshiba Research & Development Center самим холдингом Toshiba. Также в применении квантовых технологий обработки информации и квантовой связи в разных областях, которые напрямую не связаны с КОИКС, заявители из других отраслей видят возможности для усовершенствования своих технологий и приобретения дополнительных экономических выгод. Это является стимулом для специализированных компаний выходить с такими техническими решениями на международные рынки.

НАИБОЛЕЕ ЦЕННЫЕ БАЗОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

На основании экспертных оценок из общей коллекции документов были отобраны наиболее ценные базовые технические решения в области квантовых технологий обработки информации и квантовой связи. Далее приведены описания этих патентных документов.

ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ КВАНТОВАЯ ПАМЯТЬ НА ОСНОВЕ ЯДЕРНОГО СПИНА, СВЯЗАННОГО С ЭЛЕКТРОННЫМ СПИНОМ

Патентный документ US9361962 имеет приоритет от 23.12.2012 года и принадлежит Harvard College.

Стабильные квантовые биты (кубиты), способные как хранить квантовую информацию для макроскопических масштабов времени, так и интегрироваться в небольшие портативные устройства, являются важным строительным блоком для множества потенциальных приложений. Реализация таких стабильных квантовых битов представляет собой серьезную проблему на стыке квантовой науки и техники. Такие кубиты являются необходимыми строительными блоками для множества потенциальных приложений в квантовой коммуникации и вычислениях, многие из которых полагаются на способность поддерживать кубитную когерентность в течение длительных периодов времени.

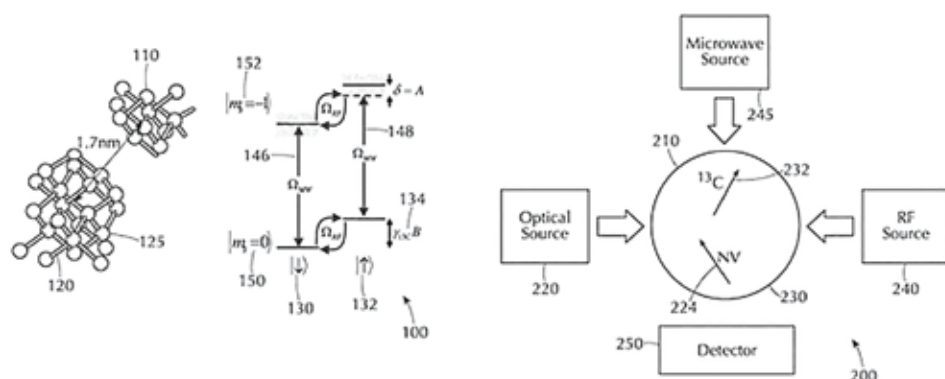
Интеграция таких квантово-механических систем в компактные мобильные устройства остается весьма трудной экспериментальной задачей. Для большинства квантовых систем время жизни ограничено мельчайшими долями секунды из-за внешних возмущений и декогеренции. Хотя захваченные ионы и атомы могут демонстрировать время когерентности в течение нескольких минут, для них обычно требуется сложная инфраструктура, включающая охлаждение и сверхвысокий вакуум. Другие системы, прежде всего ансамбли электронных и ядерных спинов, также достигли больших времен когерентности в экспериментах с объемным электронным спиновым резонансом (ESR) и ядерным магнитным резонансом (ЯМР).

Однако для единичных спинов или кубитов индивидуальная подготовка, адресация и высокоточные измерения остаются сложными даже при криогенных температурах из-за их исключительной изоляции.

В настоящем патенте предложена реализация кубита, как элемента памяти, с использованием синтетического алмаза с азотно-замещёнными вакансиями (т.н. NV-центры – nitrogen-vacancy center) в ней. Кубит для записи информации основан на ядерном спине решётки (NV-центра) и связанном с ним электронном спине, соответствующем спиновому дефекту вакансии азота, однако предполагается, что идея может быть применена к другим электронным спиновым дефектам. Запись информации в такой кубит, то есть приведение ядерного спина в определённое состояние, осуществляется с помощью воздействия на систему оптического излучения. Суть предложенного решения состоит в том, что за счёт специально подобранной комбинации воздействий оптического и радиоизлучений удаётся обеспечить точную запись и считывание информации и стабилизировать систему (сохранять запись информации) в течение макроскопического времени вплоть до 1 минуты при комнатной температуре.

Это техническое решение позволяет преодолеть основные препятствия на пути к созданию сверхбыстрых квантовых компьютеров, а также квантовых систем хранения данных, максимально защищённых от взлома.

Рисунок 5 **Иллюстрация к патентному документу US9361962**



ГЕНЕРАЦИЯ КВАНТОВЫХ СХЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ БЛУЖДАНИЙ

Публикация US20180039903 принадлежит Michele Mosca (заместитель директора Института квантовых вычислений в Университете Ватерлоо). Он также является автором патента. Дата приоритета: 09.03.2016 год.

Генерация оптимальных квантовых схем – актуальная задача при построении физических квантовых вычислительных устройств. Ограниченность в наборе элементарных квантовых операций неизбежно влечет за собой построение аппроксимационных квантовых вентилях из имеющегося набора гейтов. Важной деталью является необходимость использовать крайне большое число базовых гейтов для достижения необходимой точности аппроксимации (увеличение числа гейтов в схеме может достигать до 4–5 порядков). Большое число квантовых преобразований неизбежно влечет за собой увеличение степени влияния декогерентизации на квантовое состояние и, как следствие, нестабильную работу квантового вычислительного устройства. Именно поэтому крайне важно иметь оптимальный алгоритм генерации квантовых схем по заданному набору квантовых преобразований. В данном патенте предложен высокоэффективный алгоритм генерации квантовых схем, основанный на детерминированных блужданиях (псевдослучайные классические блуждания со случайной или псевдо-случайной начальной точкой). Важной особенностью разработанного подхода является возможность параллельного поиска, что позволяет существенно улучшить временные характеристики алгоритма.

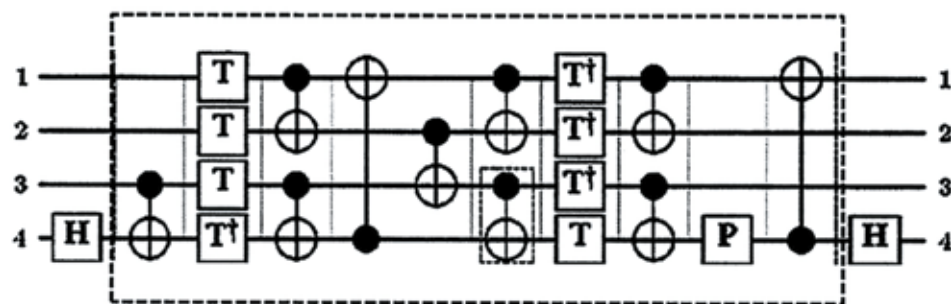
Метод, представленный в настоящем патенте, основан на разложении квантовых однокубитовых гейтов по базисному набору Clifford + T (гейты группы Клиффорда и гейт T). В случае если на вход подается многокубитное преобразование, то в методе учитывается квантовый гейт CNOT, реализующий операцию «Контролируемое НЕ».

Стоит заметить, что авторы уделяют особое внимание минимизации количества гейтов T. Это связано с тем, что данный гейт не является трансверсальным, то есть, для него невозможно реализовать эффективный многокубитовый гейт, совершающий аналогичное преобразование, но над закодированными состояниями (при использовании кодов коррекции ошибок). Таким образом,

введенный параметр Т-глубины (число слоев с гейтами Т в квантовой схеме) обязательно учитывается при генерации квантовой схемы.

Рисунок 6

Пример работы алгоритма: декомпозиция квантовой схемы одноразрядного сумматора



Пример работы алгоритма приведен на рисунке 6. Здесь реализована процедура декомпозиции квантовой схемы одноразрядного сумматора по описанному ранее набору элементарных гейтов. Полученная схема имеет Т-глубину равную двум. Для сравнения, если использовать «классическую» схему декомпозиции одного гейта Тоффоли, то она будет иметь Т-глубину равную пяти.

Таким образом, разработанный алгоритм генерации квантовых схем может быть успешно применен в различных прикладных задачах. Однако стоит отметить, что данный алгоритм не позволяет использовать альтернативные базисные наборы элементарных гейтов, что может послужить ограничением при его применении в физических квантовых вычислителях.

ПЕРЕДАТЧИК, ПРИЕМНИК И ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ КВАНТОВОЙ СВЯЗИ

Патентная заявка US20190013878 с датой приоритета от 10.07.2017 года принадлежит японской транснациональной корпорации Toshiba.

Данный патентный документ посвящен реализации систем квантовой связи / криптографии. Основное отличие предложенного способа реализации системы квантовой коммуникации состоит в том, что, используя технологию интегральной оптики «на чипе», возможно обеспечить масштабируемость, массовое производство, а также позволяет существенно расширить архитектуру возможных реализаций оптических схем по сравнению с обычной технологией.

В описании к патенту фактически предложен способ осуществления параллельной архитектуры интегрально-оптических устройств для конфигурирования многоканальной системы квантовой связи, которая обеспечивает мультиплексирование оптических сигналов и одновременное выполнение нескольких протоколов QKD (Quantum Key Distribution – квантовое распределение ключей).

В традиционной последовательной архитектуре реализации систем квантовой связи на основе фазового кодирования свет, поступающий на вход приемного модуля, отправляется в один канал приемника и затем разделяется в единой оптической системе приемного модуля, содержащей один канал и один разбалансированный интерферометр Маха-Цандера (РИМЦ). Серия коммутаторов, состоящих из интерферометров Маха-Цандера позволяет реконфигурировать схему для различных протоколов квантового распределения ключей (КРК) таким образом, что один и только один протокол может быть реализован одновременно. В патенте рассматриваются способы конфигурирования компонентов системы КРК – архитектура параллельного приемника – содержащая разные входы для разных протоколов КРК. Вследствие использования параллельной архитектуры ряд протоколов КРК может выполняться одновременно.

В патентном документе рассматриваются варианты реализации многоканальной системы КРК. Они разработаны таким образом, что один детектор (БОБ) может обмениваться данными с разными передатчиками (АЛИСА), которые могут свободно использовать разные протоколы и / или разные длины волн.

Важно отметить, что описанные варианты реализации могут быть реализованы как на пассивной, так и на активной платформах, поскольку они не требуют высокоскоростной реконфигурации.

Это является существенным отличием от известных схем. Действительно, конструкция предшествующего уровня техники требует, чтобы активные фазовые модуляторы были функциональными: для реализации протокола BB84 необходимо выбирать высокую тактовую частоту следования импульсов (> 1 ГГц). Это, в свою очередь, означает, что схема должна быть реконфигурируемой, по меньшей мере, на этой скорости: на сегодняшний день это невозможно на основе любой известной пассивной платформы. Это является существенным недостатком известного уровня техники, поскольку потери при распространении на активных платформах по меньшей мере на один порядок выше, чем на пассивных платформах – чем больше потерь в передатчике, тем короче расстояние, на котором можно безопасно реализовать конкретную систему КРК.

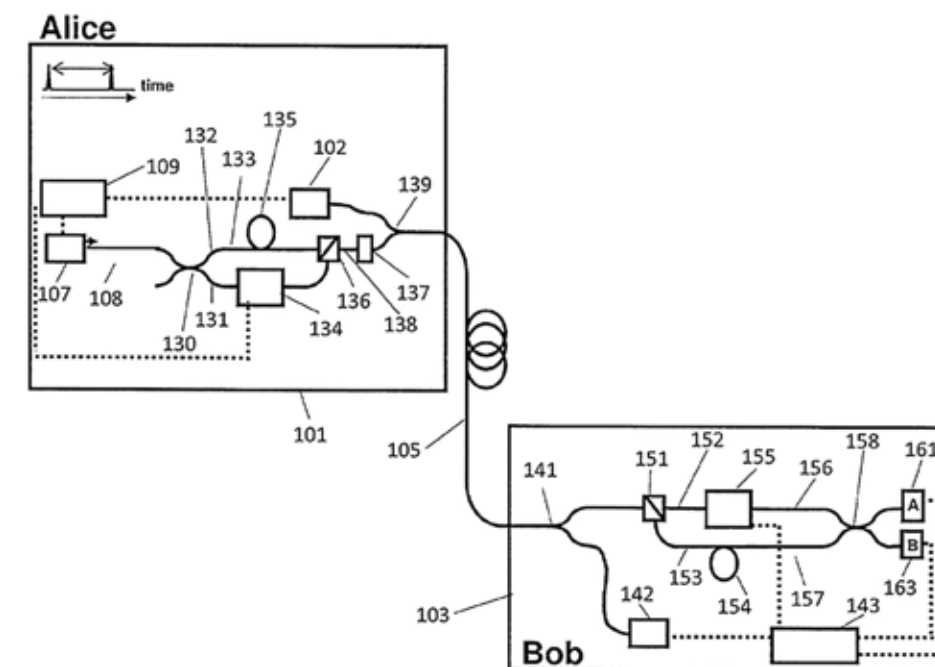
В рассматриваемом способе система КРК дополнительно содержит модуль маршрутизатора, который содержит q волноводов, где q является целым числом, равным, по меньшей мере, 2. Модули маршрутизатора и ввода выполнены на одной подложке, так что волноводы являются непрерывными и интегрированными между внешними модулями секцией и модулем ввода. В некоторых вариантах реализации модули маршрутизатора и ввода могут быть одинаковыми. В других вариантах модуль маршрутизатора содержит демультиплексор с разделением по длинам волн, который служит для разделения входного сигнала на различные частотные компоненты.

Варианты осуществления могут быть интегрированы в широкий спектр платформ на основе полупроводников, таких как (но не ограничиваясь ими) InP, Si, SOI, SiN, SiO₂, SiON, GaAs, а также на стеклах и полимерах.

В данном патенте описывается станция приемника для системы квантовой связи. Она содержит модуль ввода, модуль декодера и модуль вывода. Модуль ввода содержит n волноводов, где n – целое число не менее 2. Модуль декодера содержит m декодеров, которые представляют собой РИМЦ, где m – целое число, по меньшей мере, 2, каждый декодер содержит, по меньшей мере, один волновод. Модули ввода и декодера выполнены на единой подложке, так что волноводы являются непрерывными и интегрированы между этими модулями; волноводы расположены так, что m декодеров работают параллельно. В патенте также рас-

крыт способ изготовления интегрально-оптических компонентов путем выбора и подготовки подложки, формирования слоя оболочки и волноводного слоя и формирования структуры волноводного слоя для изготовления волноводов. Приемник может связываться с различными передатчиками, работающими по разным протоколам КРК и на одной или нескольких длинах волн. В патенте перечислены протоколы, которые могут быть реализованы в предлагаемом устройстве: BB84 (с 4 и 6 состояниями), SRG, B92, DPS, COW, RFI (Reference Frame Independent).

Схематичное представление квантовой системы связи Рисунок 7



Хотя в данном патентном документе описаны некоторые конкретные варианты осуществления интегрально-оптической системы квантовой связи, эти варианты представляют собой именно примеры, которыми не ограничивается область использования способа. И описанный способ, и различные компоненты могут быть реализованы во множестве других форм; кроме того,

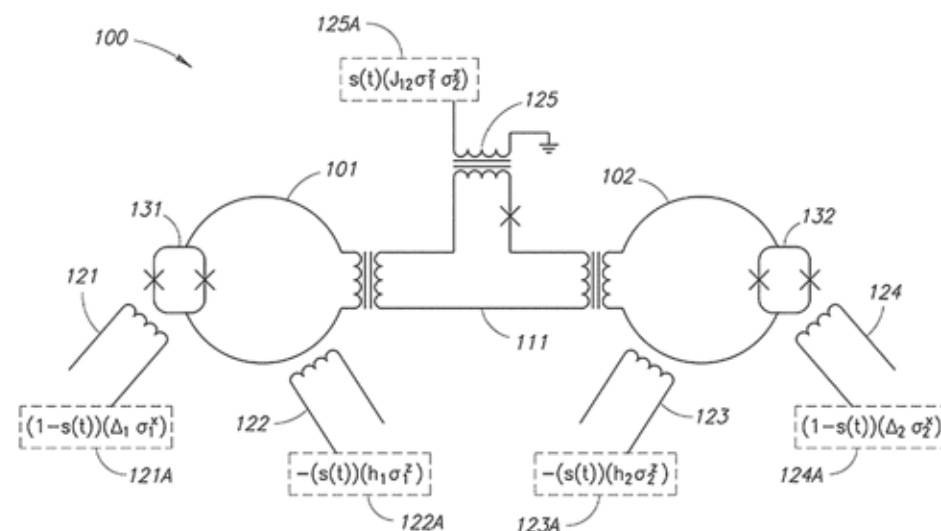
различные упущения, замены и изменения в форме способа и контроллера, описанных в данном документе, могут быть сделаны без отклонения от сущности изобретения.

СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ КВАНТОВОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Патент US9727824 принадлежит компании D-Wave Systems и имеет дату приоритета 26.06.2014. Семейство имеет публикацию по процедуре РСТ, через которую были выходы на национальные фазы с получением патентов в Японии и Китае.

Рисунок 8

Схема части сверхпроводящего квантового процессора, предназначенного для адиабатического квантового вычисления и / или квантового отжига в соответствии с одним из вариантов реализации



Настоящий патент посвящен реализации методов гибридной квантово-классической обработки данных, в которых задача

частично решается на классическом компьютере, а частично на квантовом.

В данном патенте предлагается следующая схема:

- 1) классический модуль собирает информацию и передает её в обычный классический процессор;
- 2) классический процессор переформулирует задачу в виде задачи минимизации некоторой функции;
- 3) задача поиска минимума функции решается с помощью квантового компьютера.

Такая схема выглядит достаточно перспективной, однако ключевая сложность заключается в том, чтобы переформулировать исходную задачу как задачу оптимизации, которая может быть решена на квантовом процессоре.

ПРАВОВОЙ СТАТУС ПАТЕНТНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Исследование правового статуса патентных документов коллекции позволяет оценить заинтересованность заявителей в развитии технологической области (соотношение числа поданных и отозванных заявок) и зрелость области (соотношение числа выданных – в данном случае к ним отнесены семейства, содержащие хотя бы один действующий документ, – и прекративших действие патентов).

Правовые статусы были рассмотрены для общей коллекции, без учета китайских резидентов.

В представленной коллекции высокая доля заявок на рассмотрении – 43%. В соотношении с числом действующих патентов (46%) такая ситуация может свидетельствовать о том, что область имеет определённый установленный уровень техники, при этом интерес заявителей продолжает расти. Таким образом, в области идет активное исследование и поиск новых технических решений. При этом низкая доля отозванных заявок свидетельствует о низких барьерах патентования. Заявители практически не сталкиваются с необходимостью отказаться от получения патента на этапе рассмотрения заявки.

Рисунок 9

Правовой статус общей коллекции патентных документов



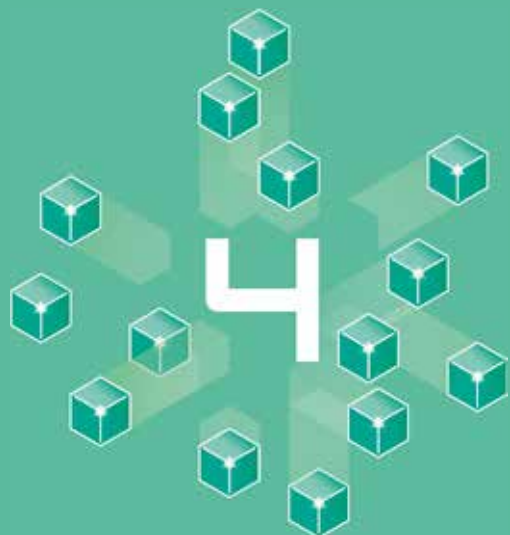
Рисунок 10

Правовой статус российской коллекции патентных документов



Правовой статус российской коллекции патентных документов характеризуется близкой по величине долей выданных патентов, однако количество заявок на рассмотрении крайне мало. Также наблюдается большое число отозванных заявок. Заявители испытывают трудности с патентованием технических решений, относящихся к исследуемой области. Такая ситуация может быть вызвана тем, что крупные компании при реализации патентной стратегии подают заявки в том числе в Россию для ограничения конкуренции и установления соответствующего уровня техники. Вместе с этим необходимо отметить, что объемы патентования в России по направлению КОИКС, по сравнению с мировым уровнем, крайне незначительны.

Российские заявители испытывают трудности с патентованием технических решений



КОМПАНИИ И ЛЮДИ

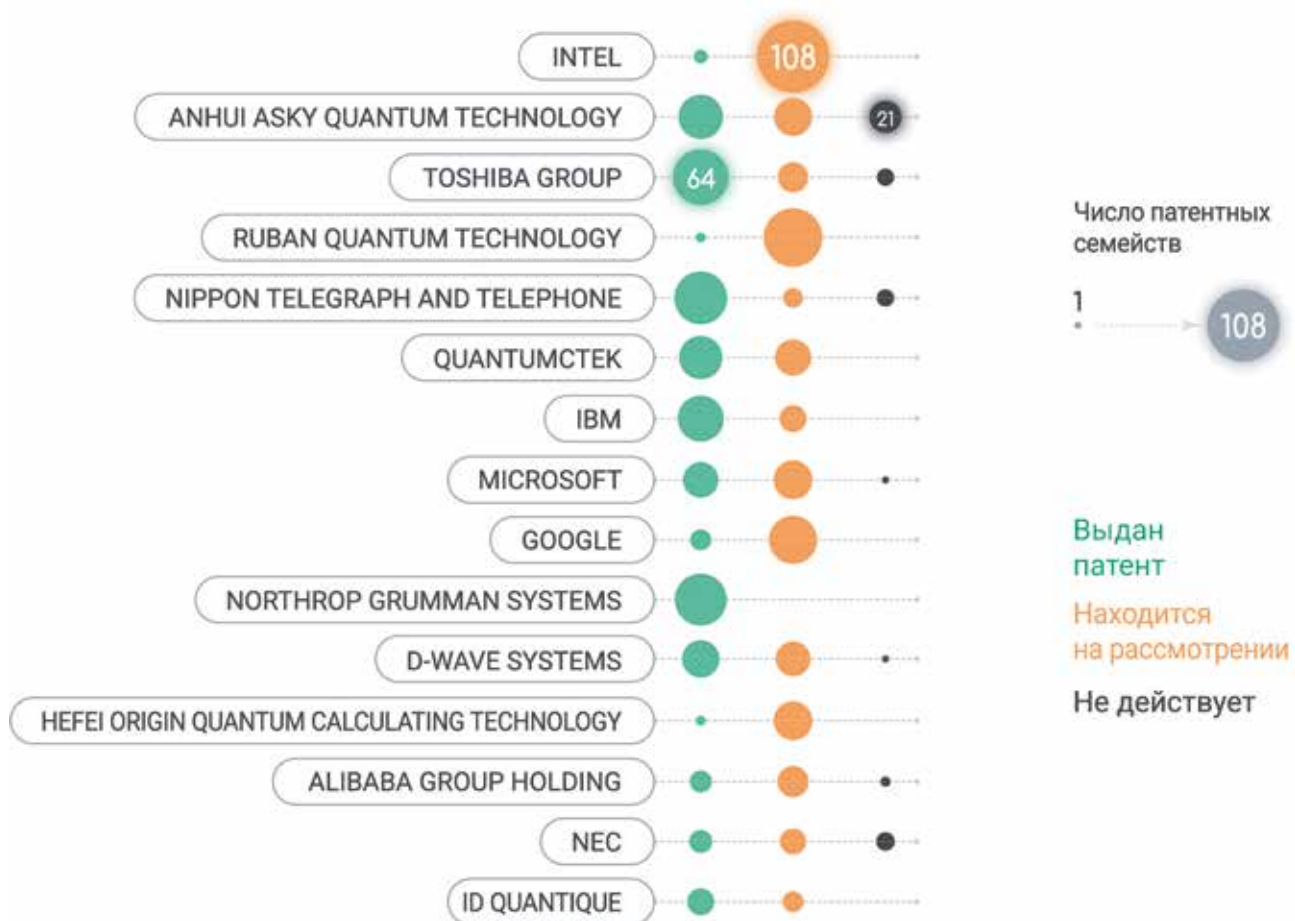


КОМПАНИИ И ЛЮДИ

Важное место при анализе патентования технологий занимает исследование активности конкретных компаний и авторов изобретений. Это позволяет выявить основных игроков и инвесторов на рынке, а также лучших разработчиков технологий.

Рисунок 11

Рейтинг патентообладателей по числу семейств



Рейтинг патентообладателей представлен на рисунке 11. Необходимо отметить, что присутствие китайских патентообладателей, таких как Anhui Asky Quantum Technology, Ruban Quantum Technology, Quantumctek, Hefei Origin Quantum Calculating Technology и Alibaba Group обусловлено тем, что среди их семейств была обнаружена подача международных заявок. Это свидетельствует о том, что данные компании стремятся выйти со своими разработками на зарубежные рынки, в частности в США, где уровень конкуренции в области КОИКС достаточно высок. Таким образом, китайские патентообладатели высоко оценивают свои технические решения и вклад в общемировой уровень техники в этой области.

В рейтинге патентообладателей по числу патентных семейств с выданными патентами первое место занимает японская корпорация Toshiba. Компания Toshiba является одним из лидеров в области квантовой криптографии. Свою первую криптографическую систему компания представила 2013 году, а в 2014 году компания добилась стабильной передачи квантовых ключей по стандартному оптоволокну.



Также большое число выданных патентов наблюдается в портфелях компаний Nippon Telegraph and Telephone, IBM, Northrop Grumman и у китайских компаний Anhui Asky Quantum Technology,

Китайские компании имеют конкурентоспособные технические решения в области КОИКС

Один из лидеров рейтинга – Northrop Grumman в последние годы использует специальные механизмы патентного законодательства США, когда единственной публикацией семейства является выданный патент

Quantumctek. Такая ситуация говорит о том, что компании занимаются разработками в области КОИКС довольно продолжительное время. Предполагается, что эти компании являются держателями базовых технологий. Отдельно отмечается, что Northrop Grumman не имеет действующих заявок на рассмотрении. Подробный анализ семейств этой компании позволил выявить механизм получения патента в качестве первой публикации. Это означает, что заявки на рассмотрении не публикуются, а первой и зачастую единственной публикацией семейства является публикация о выданном патенте. Такая ситуация может свидетельствовать об изменении политики компании в части раскрытия новых решений в области КОИКС с использованием особенностей американского патентного законодательства.

Nippon Telegraph and Telephone Company (NTT) – крупнейшая телекоммуникационная компания Японии, использующая в своих исследованиях оптические технологии. Квантовый процессор этой компании полностью основан на технологии линейных оптических квантовых вычислений и может работать при комнатной температуре. Планируется, что к 2020 году компания представит стабильно работающий коммерческий образец своего компьютера.



КРУПНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ГИГАНТЫ ПЕРЕХОДЯТ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

IBM на крупнейшей конференции Consumer Electronics Show (CES-2019) представил первую в мире 20-qubit квантовую вычислительную платформу IBM Q System One™ для научного и коммерческого использования. В качестве примера потребителей системы IBM анонсировала энергетическую корпорацию ExxonMobil и исследовательский центр CERN (большой адронный колайдер)



IBM – компания, в основе технологического решения которой лежат сверхпроводниковые кубиты. Данная компания уже создала 5 процессоров с различным числом кубитов (5, 14, 16, 20) и пре-

доставила онлайн доступ к трем из них. Кроме того, стоит заметить, что компания IBM представила свой новый проект «Q System One» – компактный модульный квантовый компьютер, который будет использоваться для научных и коммерческих целей.

Компания Northrop Grumman разработала и продемонстрировала новый микро-гироскоп на основе эффекта ядерного магнитного резонанса (micro-NMRG). Данные гироскопы для точного определения своего пространственного положения используют спины отдельных атомных ядер, давая качество ориентирования в пространстве, сравнимое с нынешними моделями волоконно-оптических гироскопов. Среди других преимуществ новых гироскопов можно выделить полное отсутствие движущихся частей и, следовательно, полный иммунитет к вибрации и ускорениям. Эта технология может быть использована в любых приложениях, таких как БПЛА и персональные навигационные системы.

Компания Quantumctek продемонстрировала квантово-криптографически защищенную видеосвязь. Эта компания активно участвует в разработке спутниковой квантовой криптографии. Продукты этой компании имеют высокую степень ориентированности на коммерческий сектор: разрабатываемая ими квантовая сеть объединяет 12 банков, а также ряд крупных компаний (например, Alibaba Group).

Anhui Asky Quantum Technology – новое высокотехнологичное предприятие, впервые занявшееся индустриализацией квантовых информационных технологий в Китае. Компания является производителем и лицензированным продавцом коммерческих продуктов шифрования, сертифицированных Государственным управлением криптографии Китая. Она также является ведущей в разработке стандартов квантовой криптографии. При этом Anhui Asky Quantum Technology имеет наибольшее число недействующих патентов, что может говорить о том, что компания не стремится поддерживать свои патенты в силе.

Компании Microsoft и D-Wave Systems имеют равную долю семейств с выданными патентами и заявками на рассмотрении. Это может свидетельствовать об активной исследовательской деятельности и поиске новых технических решений. Компания D-Wave Systems ориентирована прежде всего на создание адиабатического квантового компьютера. Компания Microsoft ориенти-





Ruban Quantum Technology показывает взрывной рост патентования в 2018 году



Ruban Quantum Technology

рована на создание оптимизированного программного обеспечения для квантовых вычислений (например, язык Q#).

Новыми игроками на рынке КОИКС являются Intel и Ruban Quantum Technology, поскольку их патентный портфель представлен в основном заявками, очень малым числом выданных патентов и отсутствием недействующих патентов.

Для более полного представления сложившейся патентной активности компаний необходимо рассмотреть динамику патентования ведущих компаний, что позволит более объективно оценить их текущую заинтересованность в разработке решений КОИКС. Наибольшую активность в последние несколько лет проявляют американская компания Intel и китайская Ruban Quantum Technology. Они имеют наибольшую концентрацию числа семейств в 2016 и 2018 годах соответственно.

В октябре 2017 года было объявлено о создании сверхпроводникового 17-ти кубитного квантового процессора от компании Intel. Данный процессор, изготовленный на производственных мощностях Intel, отличается уникальной структурой кристалла, позволяющей повысить выход годных кристаллов на пластине и добиться существенного прироста производительности. Кроме исследования сверхпроводниковых кубитов (чем занимаются их прямые конкуренты), компания Intel исследует технологию спиновых кубитов, которые очень схожи с классическими транзисторами. И представители компании заявляют, что есть надежда на то, что они смогут модифицировать транзисторы, чтобы они работали как кубиты.

Китайская компания Ruban Quantum Technology имеет взрывной рост патентования в единственном году и не представлен в ретроспективе. Основная тематика патентов компании относится к квантовой криптографии и анти-квантовым вычислениям. Другие китайские компании также активизировали свою патентную деятельность в последние годы, что, по-видимому, является следствием беспрецедентного увеличения финансирования разработок КОИКС в Китае. В целом, китайские компании стремятся занять свою нишу на этом рынке, их патенты преимущественно связаны с развитием методов квантовой криптографии, и радикально новых решений в них не предлагается. Также необходимо отметить, что у китайских компаний большое число новых семейств за один год связано с упрощенной системой патентования для

резидентов – период выдачи упрощенного патента (на полезную модель) с момента подачи заявки не превышает одного года.

Стабильное формирование патентных семейств на всем рассматриваемом периоде отмечается у компаний Anhui Asky Quantum Technology, Toshiba, Nippon Telegraph and Telephone, D-Wave Systems, ID Quantique, что определяет их как основных игроков на рынке КОИКС. Эти компании установили базовый уровень техники, прежде всего, в области устройств квантовой коммуникации.

Одновременно с этим крупные транснациональные корпорации (IBM, Microsoft, Google, Northrop Grumman) начали активно инвестировать в область с 2014 года и постепенно наращивают портфель патентов по этому направлению. Отдельно отмечается американская компания Northrop Grumman, семейства которой возникают ежегодно (несмотря на то, что на рисунке 11 отсутствовали поданные заявки в патентном портфеле этой компании). Это связано с особенностями патентного законодательства в США, когда первая и единственная публикация в семействе является патентом, а заявка не публикуется. Microsoft среди представленных компаний имеет самое продолжительное активное патентование с 2012 года, при этом ежегодные показатели новых технических решений примерно одинаковые. Это может свидетельствовать о сбалансированной научно-технической политике в компании.

КИТАЙ РАЗВИВАЕТ КВАНТОВУЮ КРИПТОГРАФИЮ В ВОЕННЫХ СТРУКТУРАХ

Китай в 2017 году запустил строительство невзламываемой коммуникационной сети на базе квантовой криптографии. К июлю 2017 года в сети было более 200 абонентов из военных и правительственных структур, а также финансового и энергетического сектора



На основании представленной динамики патентной активности компаний можно сделать вывод о том, что компании имеют разные периоды разработок и патентования своих технических решений. Это говорит о том, что компании стремятся самостоя-

тельно исследовать и находить оптимальные решения в области КОИКС.

Для определения конкурентной среды на том или ином рынке, необходимо проанализировать, в каких странах патентуют свои технические решения главные игроки в области КОИКС.

Наибольший территориальный охват имеет американская корпорация Google и китайская группа компаний Alibaba Group (12 юрисдикций), за ними следует швейцарская компания ID Quantique (11 юрисдикций). Для всех трех характерно присутствие в США, Китае, Японии, Корее, Канаде, Австралии, Индии и Сингапуре. Также отмечается активная подача по процедуре PCT и через ЕПВ, что в наибольшей степени выражено у компании Google. Для компании Alibaba Group отмечается большое число поданных заявок в Тайване. Таким образом, это свидетельствует о желании компаний защищать свои технологии там, где они могут потенциально производиться (Китай, Япония, Корея, Индия, Сингапур, Тайвань), а также там, где есть центры разработок квантовых технологий (Канада, Австралия, Сингапур). Компании Google и Alibaba Group в основном патентуют аппаратное и программное обеспечение для квантовых вычислений. ID Quantique – решения, относящиеся к квантовой криптографии. Одной из среднесрочных целей данной компании было повысить собственную капитализацию, поэтому активно наращивались объемы регистрации объектов интеллектуальной собственности.

Среди семейств с наибольшим территориальным охватом этих компаний можно выделить следующие.

- 1) Семейство с базовой публикацией WO2017/105429 компании Google посвящено реализации квантового вычислительного устройства, состоящего из множества взаимодействующих друг с другом копланарных волноводов. Важной деталью данного устройства является возможность взаимодействия каждой пары кубитов, что позволяет реализовывать полноценные квантовые вычисления.
- 2) Семейство с базовой публикацией CN106470101 компании Alibaba Group ориентировано на разработку метода аутентификации, используемого при процедуре квантового распределения ключа. Подробно описаны составляющие этого метода и принцип работы.

Китайская компания Alibaba Group не уступает американской Google по территориальному охвату

3) Семейство с базовой публикацией WO2012/046135 компании ID Quantique также связано с квантовой криптографией. В тексте патента описывается устройство для выявления попыток атак, выполненных с помощью однофотонных детекторов. Их метод обнаружения основан на изменении параметров настройки однофотонных детекторов, а также на сравнении значений вероятностей, измеренных для каждого набора изменяемых параметров, с ожидаемым значением. В качестве параметров детектора для модификации могут выступать эффективность детектора или его время активации.

Основное патентование компаний приходится на США, Китай и Японию

Динамика возникновения семейств патентов у ведущих компаний

Рисунок 12

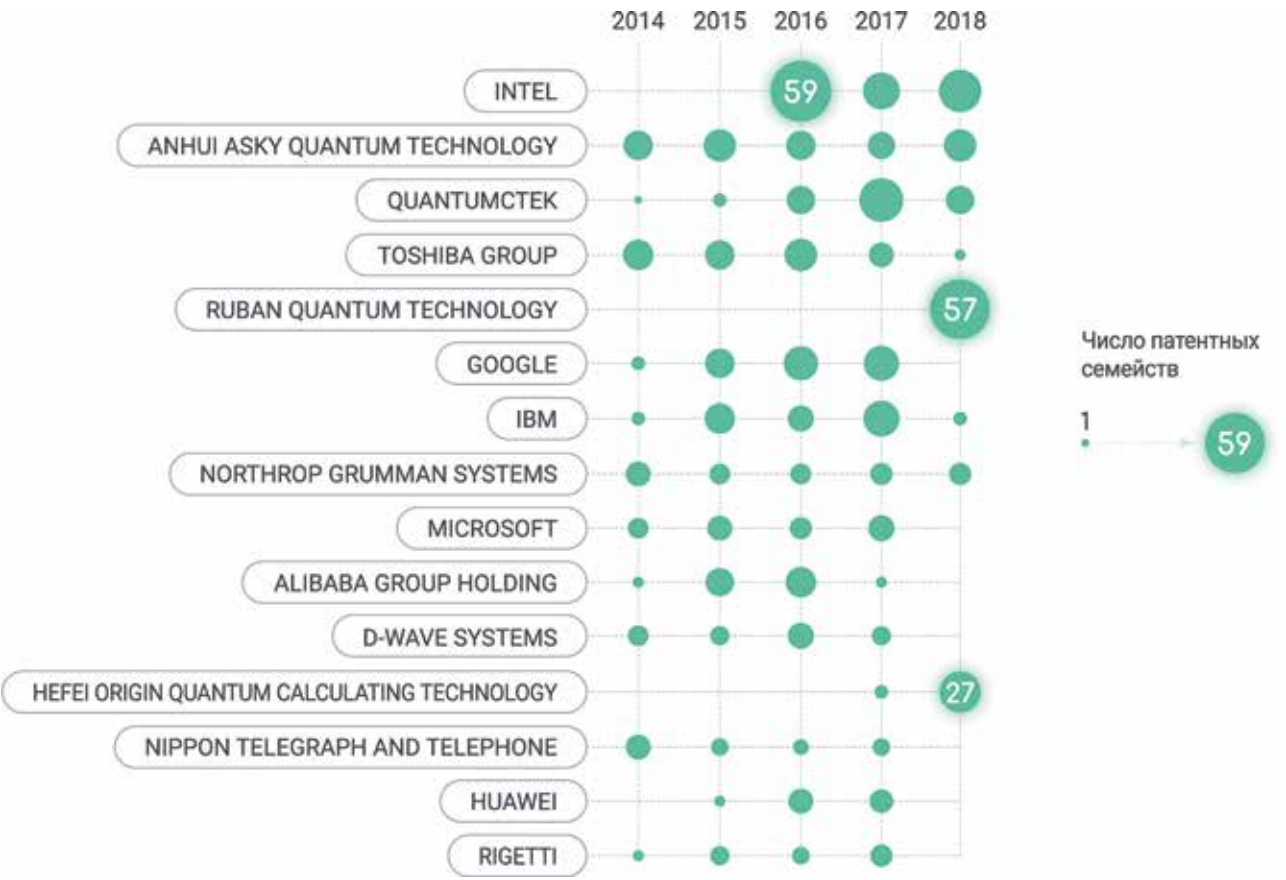
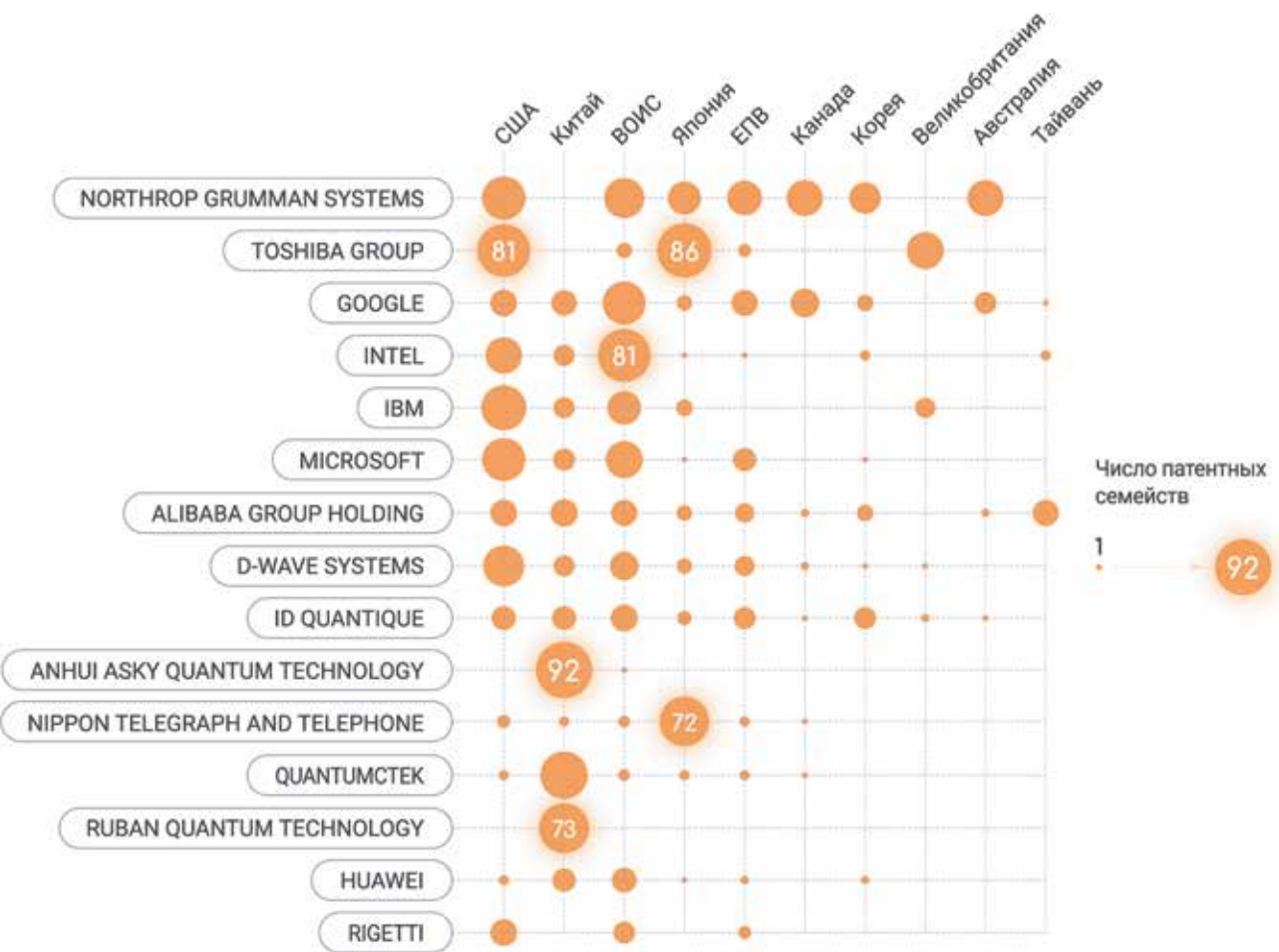


Рисунок 13

Активность компаний в отношении стран



Другие крупные американские компании, такие как Intel, IBM, Microsoft, Northrop Grumman и D-Wave Systems патентуют свои технические решения не более, чем в 5 странах без учета подачи заявок через ВОИС и ЕПВ. Эти 5 стран также относятся к лидирующим, однако у компании IBM в фокусе внимания отмечаются Великобритания и Германия, у Microsoft – Индия, а у Intel – Тайвань. Компания Northrop Grumman имеет самое активное патентование через ЕПВ, что говорит о ее интересе к европейскому рынку.

Самым насыщенным рынком патентования технологий КОИКС является США, популярность которых обеспечивается в большей

степени национальными и транснациональными компаниями, которые имеют штаб-квартиры в США. Следующий за США рынок Китая также обеспечивается большой активностью национальных заявителей (Alibaba Group, Anhui Asky Quantum Technology, Ruban Quantum Technology, Quantumctek).

Япония довольно часто встречается в качестве юрисдикции патентования, как у американских, так и у китайских компаний. Однако максимальная активность на японском рынке технологий КОИКС отмечается у национальных компаний Toshiba и Nippon Telegraph and Telephone. Помимо США и Японии большой пул патентования компании Toshiba отмечается в Великобритании, что связано с наличием европейского подразделения R&D центра Toshiba Research Europe.

Активность патентования в Великобритании обусловлена наличием европейского подразделения R&D центра Toshiba Research Europe

Российские патентообладатели

Рисунок 14



На российском рынке отмечается небольшое число публикаций крупных зарубежных компаний. Например, публикации британской компания Element Six Technologies (GB201121642), Fiske Software (WO2016044856), University of Copenhagen (WO2015193240). Основная часть публикаций на российском рынке принадлежит национальным компаниям и научно-исследовательским учреждениям. Наибольшее число семейств принадлежит Российской академии наук (в том числе Курчатовскому институту). Также семейства обнаружены у Фонда перспективных исследований, ООО НИК «Каскад», ООО «Лаборатория оптоэлектронных приборов» и других организаций.



В РОССИИ СОЗДАН КВАНТОВЫЙ ТЕЛЕФОН
13 декабря 2017 года российская компания ИнфоТеКС представила «Квантовый телефон ViPNet» – устройство, которое позволяет соединять рабочие станции с установленным ПО ViPNet и шифровать трафик между ними использованием квантового распределения ключей

IBM отслеживает технические решения крупных компаний Северной Америки

Анализ цитирования документов, представленный в виде графа на рисунке 15, позволяет выявить обладателей наиболее ценных технологий и технологическую кооперацию заявителей. Следует отметить, что на карте цитирований присутствует лишь одна китайская компания – Alibaba Group, которая цитирует японскую компанию Toshiba. Традиционно, ставки делаются на разработки в области квантовых вычислений и квантовых коммуникаций.

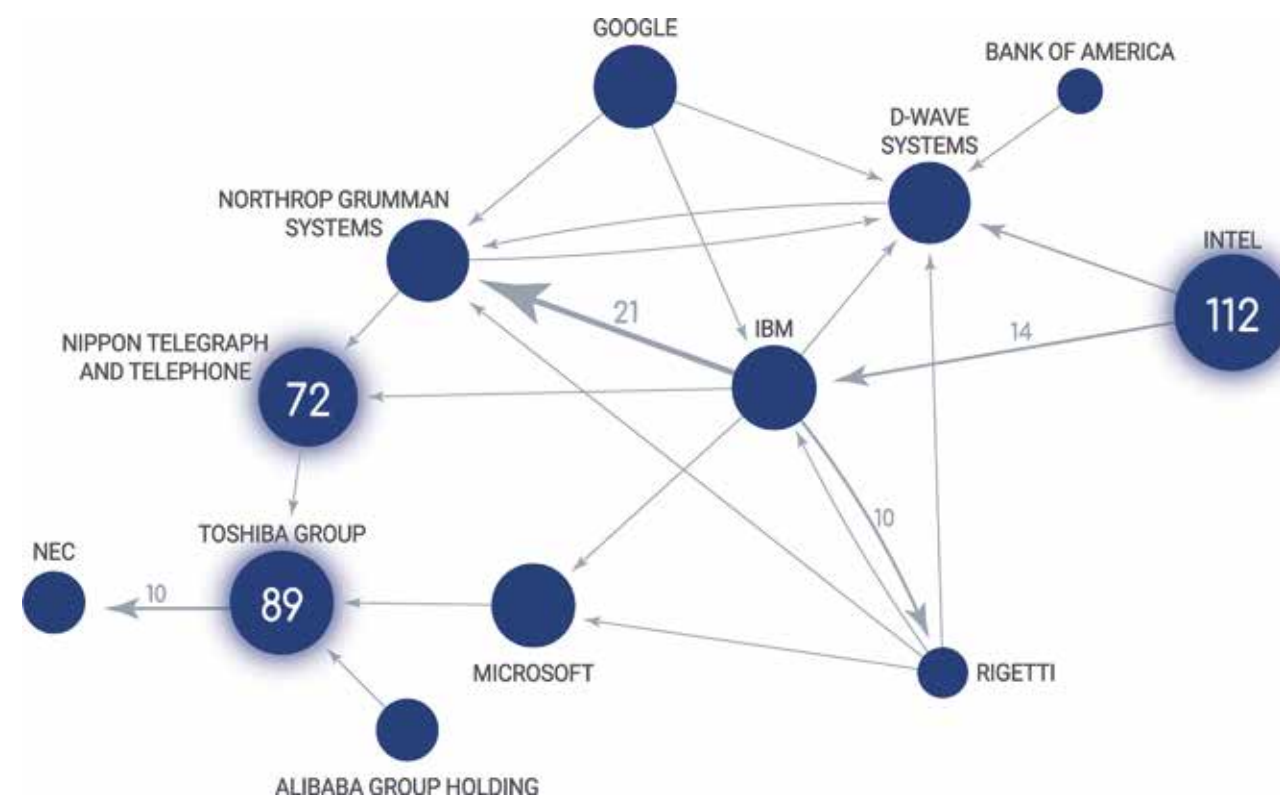
Среди представленных компаний-патентообладателей самой крупной по объему патентного портфеля является компания Intel. Однако она активно цитирует технические решения компаний IBM и D-Wave Systems, что свидетельствует о некоторой технологической зависимости ее технических решений. Такая же ситуация характерна для компании Google, которая цитирует Northrop Grumman, D-Wave Systems и IBM. При этом для компании IBM отмечается высокая доля цитирования Northrop Grumman, а также Rigetti, Microsoft и D-Wave Systems. Это может свидетельствовать о том, что компания IBM отслеживает технические решения круп-

ных компаний Северной Америки в области КОИКС и имплементирует их в свою научно-техническую деятельность. Компании Intel и Google в свою очередь используют выжидательные стратегии патентования, основывающиеся на цитировании технических решений IBM, которая собирает лучшие практики патентования от держателей базовых технологий.

Intel и Google используют выжидательные стратегии патентования

Карта цитирования некитайского сегмента коллекции

Рисунок 15



Одновременно с этим на компании D-Wave Systems и Northrop Grumman приходится большое число цитирований от других патентообладателей в области, таких как Rigetti, IBM, Google. Взаимное цитирование также присутствует. Такая ситуация характеризует компании D-Wave Systems и Northrop Grumman как раз-

D-Wave Systems и Northrop Grumman – разработчики базовых технологий

работчиков базовых технологий в рассматриваемой предметной области.

Также отмечается, что американская компания Microsoft, цитируемая компаниями Rigetti и IBM, не цитирует держателей базовых технологий. Основной вектор технического заимствования задает японская компания Toshiba, которая обособлена от основной группы цитирования и ссылается на патентные документы также японской компании NEC. Аналогично Microsoft отмечается цитирование китайской компании Alibaba Group. Это свидетельствует о том, что представленные компании являются разработчиками комбинированных технологий с использованием своей научной базы и уже существующих решений японской компании Toshiba.

Отдельно стоит отметить полюс японских компаний: Nippon Telegraph and Telephone цитирует только компанию Toshiba. При этом саму компанию цитируют Northrop Grumman и IBM. В связи с этим можно сделать вывод, что японские компании обособлены от общих связей цитирования в области КОИКС. Это связано с тем, что главное направление патентования японских компаний – квантовая коммуникация и криптография. Таким образом, они имеют достаточно большие патентные портфели и цитируются другими компаниями в части определенной тематики.

На рисунке 16 компании-патентообладатели ранжированы по числу цитирований другими компаниями их технических решений.

Американская компания Northrop Grumman является явным лидером по числу цитируемых семейств, что подтверждает ее статус в качестве держателя базовых технологий в области КОИКС. Аналогичное подтверждение характерно для компаний D-Wave Systems и Toshiba. Также лидером является японская компания Nippon Telegraph and Telephone, имеющая незначительную зависимость цитирования от разработок других компаний в области КОИКС. Наиболее цитируемые семейства компаний рейтинга относятся к области квантовых вычислений, в том числе сверхпроводящих кубитов. Это развитая технология, поэтому они активно цитируются.

Следует отметить интерес компаний к технологиям компании Element Six, которая разрабатывает и производит синтетические алмазные суперматериалы. Это связано с тем, что производимые

Японские компании Nippon Telegraph and Telephone и Toshiba являются «пионерами» в области квантовой коммуникации и криптографии

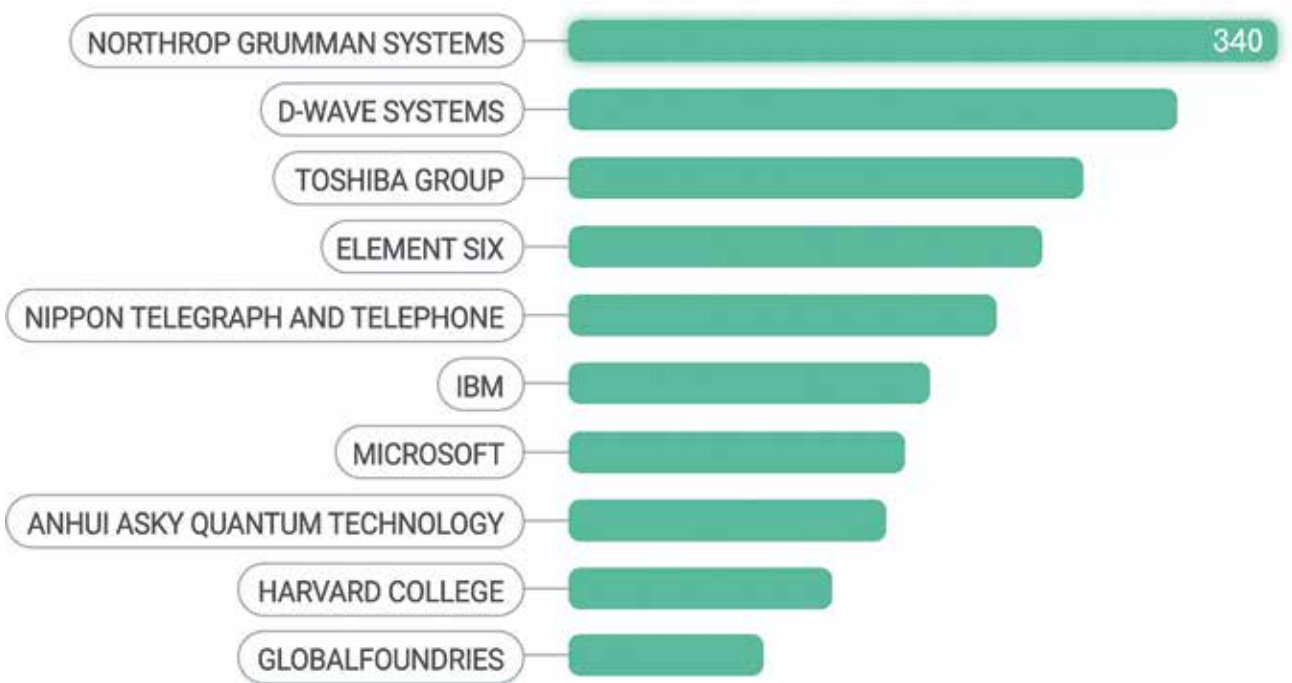
Наиболее цитируемые семейства относятся к области квантовых вычислений

Element Six материалы являются основополагающими в реализации квантовых технологий. При этом компания не присутствует в рейтингах по числу патентов, территориальному распространению и цитированию, что объясняет ее специфику.

Особый интерес цитирования к технологиям компании Element Six

Рисунок 16

Рейтинг цитируемости компаний-патентообладателей



В рейтинг не вошли также имеющие высокие показатели цитирования компании, например, швейцарская компания ID Quantique, которая предоставляет системы распределения квантовых ключей, квантово-безопасное сетевое шифрование, счетчики одиночных фотонов и аппаратные генераторы случайных чисел, а также Оксфордский университет.

Далее представлено распределение базовых патентных публикаций наиболее цитируемых семейств коллекции.

Рисунок 17

Наиболее цитируемые семейства



Наиболее цитируемое семейство коллекции GB200917060 относится к области квантовой криптографии и принадлежит британской оборонной компании QinetiQ

К наиболее цитируемым документам коллекции относится британская публикация GB200917060 многонациональной оборонной компании QinetiQ. Дата приоритета 29.09.2009 год. Семейство в настоящее время является действующим (т.е. хотя бы один документ в этом семействе является действующим). Патент описывает способы и устройство для использования в квантовом распределении ключей. Патенты получены также в США и Японии.

Отдельно рассматривается патент US9077577 компании Nxgen IP. Изобретение относится к системам и способам увеличения полосы пропускания связи, частью которой является подсистема квантового распределения ключей. Дата приоритета 03.07.2014 год. Семейство является действующим. Патент выдан в США и находится на стадии заявки в Китае, Индии, Японии, Корее, а также проходит процедуру патентования через ЕПВ.

Следующими в рейтинге представлены международные публикации D-Wave Systems, Los Alamos National Security и Rigetti.

Публикация компании D-Wave Systems WO201099312 с датой приоритета 25.02.2009 год описывает способы изготовления сверхпроводящих интегральных схем. Эти схемы могут быть эффективны при применении их в квантовых компьютерах. Семейство является действующим и имеет патенты в Канаде, Швейцарии, Китае, Германии, Финляндии, Франции, Великобритании, Ирландии, Италии, Нидерландах, Швеции и США. Подача в европейские страны осуществлялась через ЕПВ.

Los Alamos National Security представлена двумя наиболее цитируемыми семействами с базовыми международными публикациями WO201348674 и WO201244855. Даты приоритета: 30.09.2011 и 15.06.2010 годы соответственно. Оба патента относятся к области квантовой коммуникации и описывают квантовое распределение ключей и управление ими. Семейства являются действующими, однако охраняются патентами только в США.

Публикация WO2015178991, принадлежащая американской компании Rigetti, разработчику квантовых интегральных микросхем, относится к крупному семейству, которое состоит из американских публикаций и публикаций по процедуре РСТ. Патент описывает квантовую вычислительную систему, которая включает в себя многомерный массив кубитов устройств.

Также среди наиболее цитируемых документов коллекции можно отметить семейства британской компании Element Six. Они представлены базовыми публикациями GB201108644, GB201107552 и WO2012173712. Все три семейства относятся к алмазным датчикам, детекторам и квантовым устройствам и описывают их микроструктуры.

Стоит отметить, что к наиболее цитируемым документам в равной степени относятся американские и британские публикации. Такая ситуация свидетельствует о том, что разработки этих стран наиболее ценны с точки зрения технологического аспекта. Более того, требования к проработке патентных документов в этих странах довольно высокие, что обеспечивает качество составления формул и описания технического решения.

На рисунке 18 представлен рейтинг наиболее цитируемых авторов некитайского сегмента коллекции.

Рисунок 18

Рейтинг цитируемости авторов некитайской коллекции



Большую часть рейтинга занимают изобретатели, патенты которых принадлежат американским компаниям Los Alamos National Security (Hughes Richard John, Peterson Charles Glen, Newell Raymond Thorson) и Northrop Grumman (Herr Quentin P, Herr Anna Y, Naaman Ofer).



РИЧАРД ХЬЮЗ
Основал и возглавил команду по квантовым коммуникациям в Los Alamos National Security. Он занимал исследовательские должности в Оксфордском университете, Калифорнийском технологическом институте и ЦЕРН



Также отмечаются американские авторы Gambetta Jay M из компании IBM и Rigetti Chad T из Rigetti Computing. Японские компании Toshiba и Nippon Telegraph and Telephone также представлены авторами в рейтинге: Shields Andrew James и Saito Shiro соответственно. Shields Andrew James возглавляет Toshiba Research Lab Cambridge, Rigetti Chad T – основатель одноименного стартапа в области квантовой обработки информации, Gambetta Jay M. – специалист по квантовым вычислениям и информации в IBM's TJ Watson Research Center. Richard Hughes и Andrew Shields известны в научных кругах своими разработками в области техники и базовых устройств КОИКС. Рейтинг по числу цитирований свидетельствует о том, что разработки этих авторов имеют коммерческую ценность.



ЧАД РИГЕТТИ
Физик квантовых вычислений, основатель и генеральный директор компании Rigetti Computing. Он работал в группе квантовых вычислений в IBM





ГЕОГРАФИЯ ПАТЕНТОВАНИЯ



ГЕОГРАФИЯ ПАТЕНТОВАНИЯ

Анализ географического охвата правовой охраны позволяет определить страны-лидеры в области разработки технических решений, а также наиболее перспективные с точки зрения правообладателей рынки.

Рисунок 19

Страны приоритетов на карте мира



Ведущей страной-разработчиком новых технических решений в области КОИКС являются США. На их долю приходится треть всех документов коллекции (32%).

Большая доля Китая (14%) обусловлена активизацией патентования молодых специализированных компаний, которые ведут

свою деятельность в области квантовой коммуникации и криптографии. Однако лидирующие позиции не подтверждаются другими аналитическими представлениями (например, рейтинг цитирования и оценка международного патентования как одни из значимых показателей уровня технических решений), поскольку китайские патентообладатели ориентированы в основном на национальный рынок и случаи выхода на международный уровень единичны. Тем не менее такие попытки китайских разработчиков свидетельствуют о том, что выводимые на международный рынок патенты представляют собой коммерческий интерес и в других странах.

Также компании выбирают в качестве первого ведомства подачи международную форму подачи по процедуре РСТ через ВОИС (20%), что объясняется стремлением крупных компаний некитайского сегмента (по большей части американских) обеспечить международную защиту прав своей интеллектуальной собственности. При этом подача через ЕПВ значительно ниже и составляет всего 2% приоритетов. Отдельно стоит отметить, что заявители из США предпочитают одной заявкой охватывать наибольшее число юрисдикций, поэтому для них разумнее обеспечивать зарубежную защиту посредством ВОИС, нежели через ЕПВ, охватывающее лишь страны Европы. Защита на азиатских рынках – в Японии, Китае и Корее, вероятно, также представляет интерес, учитывая высокую изобретательскую активность в этих странах в области КОИКС.

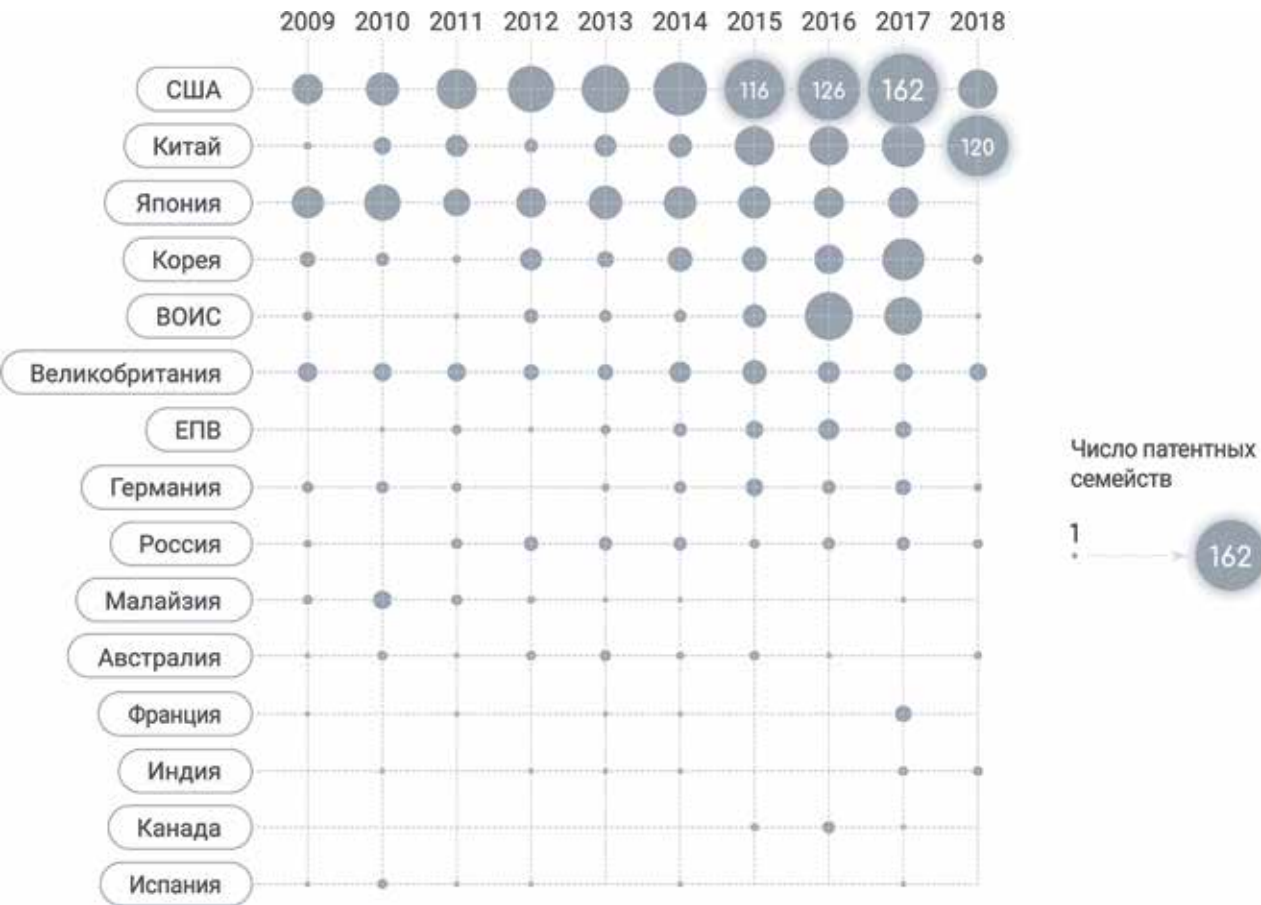
Япония также имеет большое число приоритетов (11% от общего числа семейств), что обеспечивается за счет активной патентной деятельности таких крупных национальных компаний как Toshiba и Nippon Telegraph and Telephone. Несколько менее активными странами разработчиками представлены Корея и Великобритания (по 7% и 5% соответственно).

На долю других 36 стран приходятся оставшиеся 9% приоритетов. При этом по 2% приходится на долю России и Германии. Остальные 5% распределены между Австралией, Малайзией, Францией, Индией, Канадой, Испанией, Италией, Тайванем, Таиландом и другими. Такое большое число стран разработчиков говорит об активности в исследуемой области, одновременно с тем, что в настоящее время больше половины некитайских разработок сконцентрировано в руках американских изобретателей.

Американские компании часто используют процедуру РСТ для патентования своих технических решений на международном уровне

Рисунок 20

Динамика возникновения приоритетов в странах за последние 10 лет



Динамика возникновения приоритетов в странах представлена на рисунке 20.

Как видно из аналитического представления, США является лидером патентования в области КОИКС и последовательно наращивает темпы разработок. Однако в последний год лидером по приоритетам является Китай, что обусловлено активизацией китайских разработчиков в этой области, начиная с 2015 года. Также отмечается активизация патентования в Корею в последние несколько лет: наибольший вклад в патентование вносят корейские научно-исследовательские учреждения, такие как Korea Advanced Institute of Science and Technology, Kyung Hee University и другие.

Японские компании поддерживают однородную динамику разработок на всем периоде исследования

Лидирующие компании в области коммуникации и криптографии Toshiba и Nippon Telegraph and Telephone не так активно вовлечены в наращивание темпов патентования. Несмотря на это, Япония характеризуется самым стабильным показателем возникновения приоритетов на всем рассматриваемом периоде. Такая же тенденция наблюдается в отношении Великобритании, что связано с наличием R&D центра Toshiba и активным патентованием Oxford University. Россия также отмечается стабильностью, однако значения показателей очень малы.

Одновременно с этим отмечается возрастание роли Кореи на мировом рынке КОИКС. Наибольшее количество приоритетов отмечается в 2017 году, что может являться началом положительного тренда разработок для этой страны.

Практически все представленные страны ведут исследования и разработки на всем рассматриваемом периоде. Исключение составляет Канада, активизация патентования которой наблюдается с 2015 года. Возможно, это объясняется ростом активности исследований и разработок компании D-Wave Systems, которая в данный момент находится в лидерах по числу патентов.

Отдельно можно выделить группу стран, патентование в которых претерпевает спад. К этим странам относятся Малайзия, Австралия, Испания.

В 2016 году отмечается активное возникновение приоритетных заявок ВОИС и ЕПВ, что свидетельствует об активизации международного и европейского патентования различными странами, а также об уровне разработок в области КОИКС. Предполагается, что компании начинают реализовывать стратегии территориального охвата, когда имеют в патентном портфеле группу перспективных разработок, которые имеют коммерческую ценность на зарубежных рынках. Помимо этого, в 2016 году появился онлайн-доступ к квантовым процессорам IBM. Многие научные группы получили возможность проводить эксперименты на реальных физических устройствах, что привело к росту ожиданий от результатов патентования. В целом наблюдается устойчивая конфигурация стран-лидеров, которая имеет положительную динамику развития исследований и разработок в рассматриваемой области.

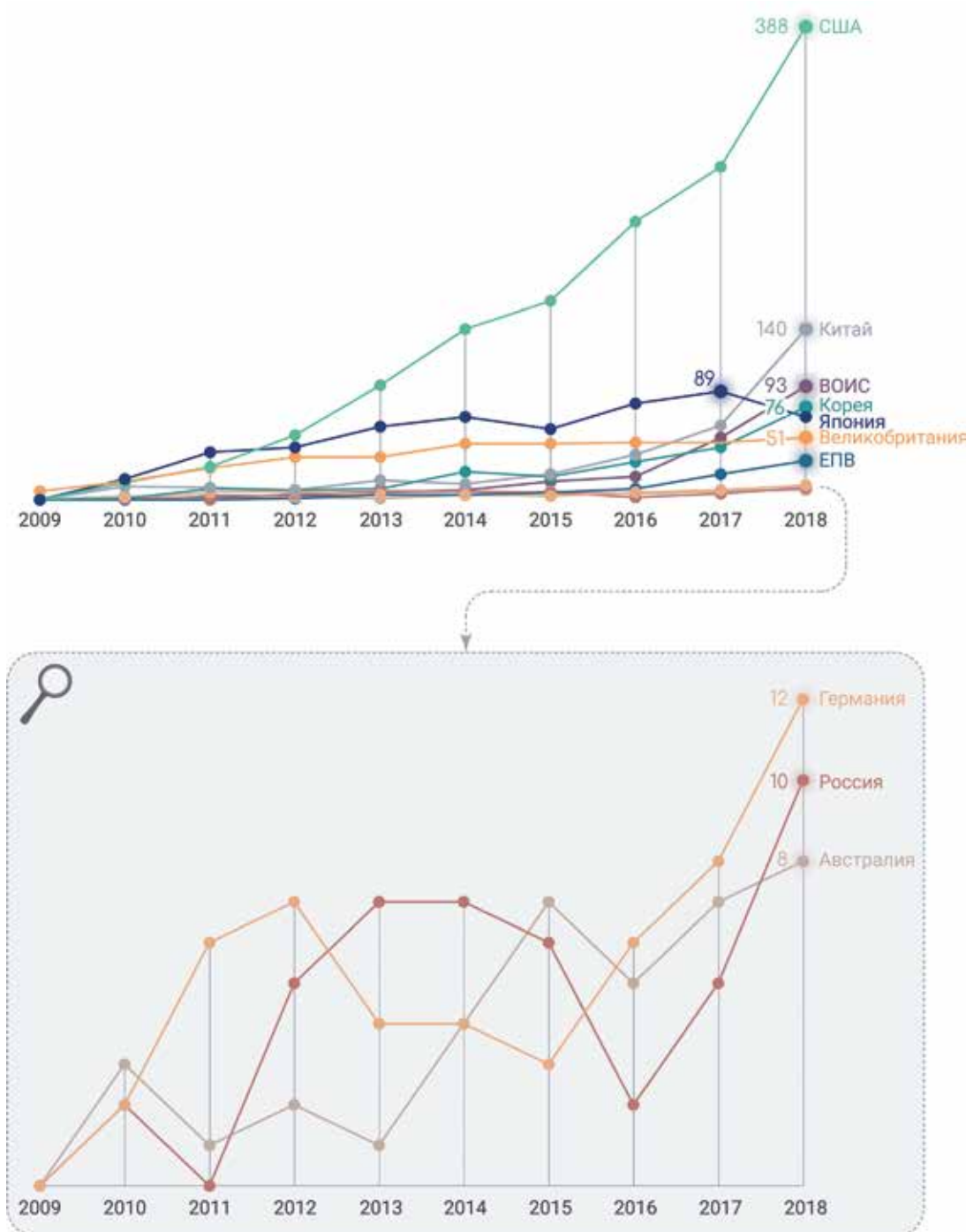
Далее представлен график динамики публикационной активности в ведущих странах.

Активизация патентования в Канаде связана с ростом активности исследований и разработок компании D-Wave Systems

Онлайн-доступ к квантовым процессорам IBM привел к росту международного патентования в области КОИКС

Рисунок 21

Динамика публикационной активности в ведущих странах



США наращивает свою публикационную активность на всем 10-летнем периоде и к концу 2018 года является безусловным лидером по числу публикаций, что характеризует американский рынок как наиболее перспективный как для национальных, так и для зарубежных компаний. При этом отмечается несколько периодов с разной динамикой для американских заявителей: до 2011 года темпы увеличения публикационной активности были значительно меньше, чем после 2011 года, когда США значительно усилили свои позиции в области публикаций практически в 7 раз.

Япония отмечается нестабильной динамикой публикационной активности с периодическими спадами в 2012, 2015 и 2018 годах. Пик патентования приходится на 2017 год. Такая ситуация может свидетельствовать о существующих технологических задачах, которые требуют дополнительного исследования и углубленного поиска решений. Традиционно, японские компании отличаются скрупулезностью проработок предлагаемых решений и, возможно, чисто технологические проблемы обусловили такие спады.

Великобритания имеет наиболее стабильную публикационную активность среди всех стран с ежегодным показателем 50 публикаций, который установился с 2014 года. Вероятно, это связано с тем, что в 2013 году в Великобритании была анонсирована Национальная программа развития квантовых технологий (National Quantum Technologies Programme). Данная программа предусматривала создание в стране четырех научных центров, нацеленных на исследования в области квантовых технологий. Данные центры были основаны на университетах страны. На базе этих центров проводились различные исследования в области телекоммуникационных систем, квантовых сенсоров, квантовых вычислений и квантовой метрологии.

Для Китая и Кореи характерно возрастание публикационной активности с 2016 года, что говорит о возрастающей роли исследований в области КОИКС в этих странах. Необходимо отметить, что показатели Китая связаны с компаниями, которые имеют хотя бы одну международную патентную заявку. Публикационная активность в Китае с учетом резидентов будет значительно отличаться от представленной на графике.

С 2016 года также отмечается возрастание количества международных заявок по процедуре РСТ и заявок через ЕПВ. Такая

В Японии отмечается концентрация проблематики в области квантовой коммуникации и криптографии

В Корее возрастает роль исследований в области КОИКС

**Российские
заявители
активизировали
усилия в области
КОИКС
в последние годы**

тенденция в отношении международного и европейского патентования сопровождается и ростом числа приоритетов, что говорит о намерениях компаний получать дополнительные экономические выгоды от международного патентования.

Отдельно стоит рассмотреть динамику стран, которые не выделяются на общемировом фоне. К ним относятся Германия, Россия, Австралия. Указанные страны, начиная с 2016 года (Германия с 2015), отмечены высокой публикационной активностью. Наибольшие показатели среди них на возрастающем периоде имеет Германия. Для Австралии характерно резкое возрастание публикационной активности в период с 2013 по 2015 годы. При этом в России наблюдаются довольно высокие показатели публикационной активности в 2012–2015 годах, которые были превышены лишь в 2018 году, что связано, повидимому, с ростом финансирования разработок в области КОИКС в России. В 2011 и 2016 годах в России отмечалось наименьшее число публикаций на всем рассматриваемом периоде. Рост публикационной активности в 2017 году был обеспечен за счет Фонда перспективных исследований (патент RU2667755) и компании ИнфоТеКС (RU2665249), Московского технологического университета МИРЭА (RU177295), а также изобретателей Васичева Никиты Алексеевича, Васичева Бориса Никитовича, Власовой Натальи Георгиевны (RU2664012), Хисамова Франгиза Гильфанетдиновича (RU2661287).

При анализе стратегий выхода компаний на рынки разных стран преимущественно используется анализ соотношения ведомств первой и последующих подач (см. рисунок 22).

Ведомства первой подачи – это страны, в которых ведутся исследования и разработки в рассматриваемой предметной области и подаются первые заявки. Чаще всего ведомство первой подачи совпадает с резиденцией заявителя, что позволяет выявлять стратегии заявителей в отношении реализации патентных прав. Ведомства второй и последующих подач являются индикатором рынков сбыта и/или намерений развернуть производство в соответствующих юрисдикциях. Помимо этих целей, выбор стран для территориальной экспансии патентной охраны может также преследовать цели ограничения свободы действий конкурентов и служить превентивной мерой для упреждения активности потенциальных нарушителей прав. Согласно проведенным исследованиям, 36 стран представляют собой ведомство первой подачи,

при этом наиболее активных разработчиков по числу патентных семейств в рассматриваемой предметной области всего 15. Спектр последующего территориального распространения патентования в предметной области – более 30 стран, а также Европейское патентное ведомство и ВОИС.

Лидером по числу собственных разработок является США. По территориальному охвату самый высокий показатель также у США (19 стран и подача через ВОИС и ЕПВ). Затем идут Великобритания (14 юрисдикций, в том числе США, Китай, Япония, Корея, Канада, Австралия, Россия, Индия, Сингапур, Бразилия, Израиль, Таиланд, Гонконг), Япония (12 юрисдикций, в том числе Великобритания, Канада, Германия, Испания, Россия, Индия и Бразилия), Китай (11 юрисдикций, включая США, Японию, Корею, Канаду, Австралию, Тайвань, Индию, Сингапур, Бразилию и Гонконг), Франция (9 юрисдикций, также включает Россию, Индию и Бразилию). Подачу только по процедуре РСТ имеют страны: Россия, Малайзия, Дания, Израиль, Австрия, Египет, Греция, Иран. Такой высокий показатель международных заявок свидетельствует о том, что в области КОИКС имеет место устойчивая тенденция к коммерциализации технических решений.

Несмотря на большое число разработок для национального рынка, американские компании стремятся запатентовать свои разработки в других странах. Это обуславливает широкий территориальный охват США на представленном рисунке 22. Наибольшую активность США проявляет в подаче международных заявок, но также и в Китае, Японии, Корее, Канаде, Австралии, Германии, Великобритании и Сингапуре. США является страной интереса для заявителей многих стран. Наибольшую активность на рынке США проявляют Япония и Великобритания, а также патентуют свои разработки заявители из Китая и Кореи, Германии, России, Австралии, Франции, Индии, Канады, Испании, Италии, Тайваня, Финляндии, ЮАР, Польши, Египта и Ирана.

Для Китая отмечается нехарактерно широкий территориальный охват. Помимо национального рынка фокус внимания распространяется на США, Японию, Корею, Канаду, Тайвань и Индию. Также отмечается высокая доля международного патентования по процедуре РСТ. Необходимо отметить, что число поданных заявок через ВОИС и ЕПВ является стабильно высоким, что говорит о намерении стран (особенно США) добиться широкого распространения

**Великобритания –
одна из стран-
лидеров по
территориальному
распространению
технических решений**

**Китай выходит
со своими
техническими
решениями
на рынки Канады
и Индии**

США – лидер международного патентования в области КОИКС

Во Франции и Малайзии разработки в области КОИКС ведутся на уровне научно-исследовательских центров с государственным участием

Российские компании Photonic Nano-Meta Technology и ООО НИК «Каскад» выходят со своими технологиями на международную фазу подачи заявки

своих патентных прав в Европе и по всему миру. Можно также отметить, что доля подачи через ВОИС больше, чем в ЕПВ. Это означает, что международный рынок выглядит более привлекательным, чем европейский для технологий КОИКС.

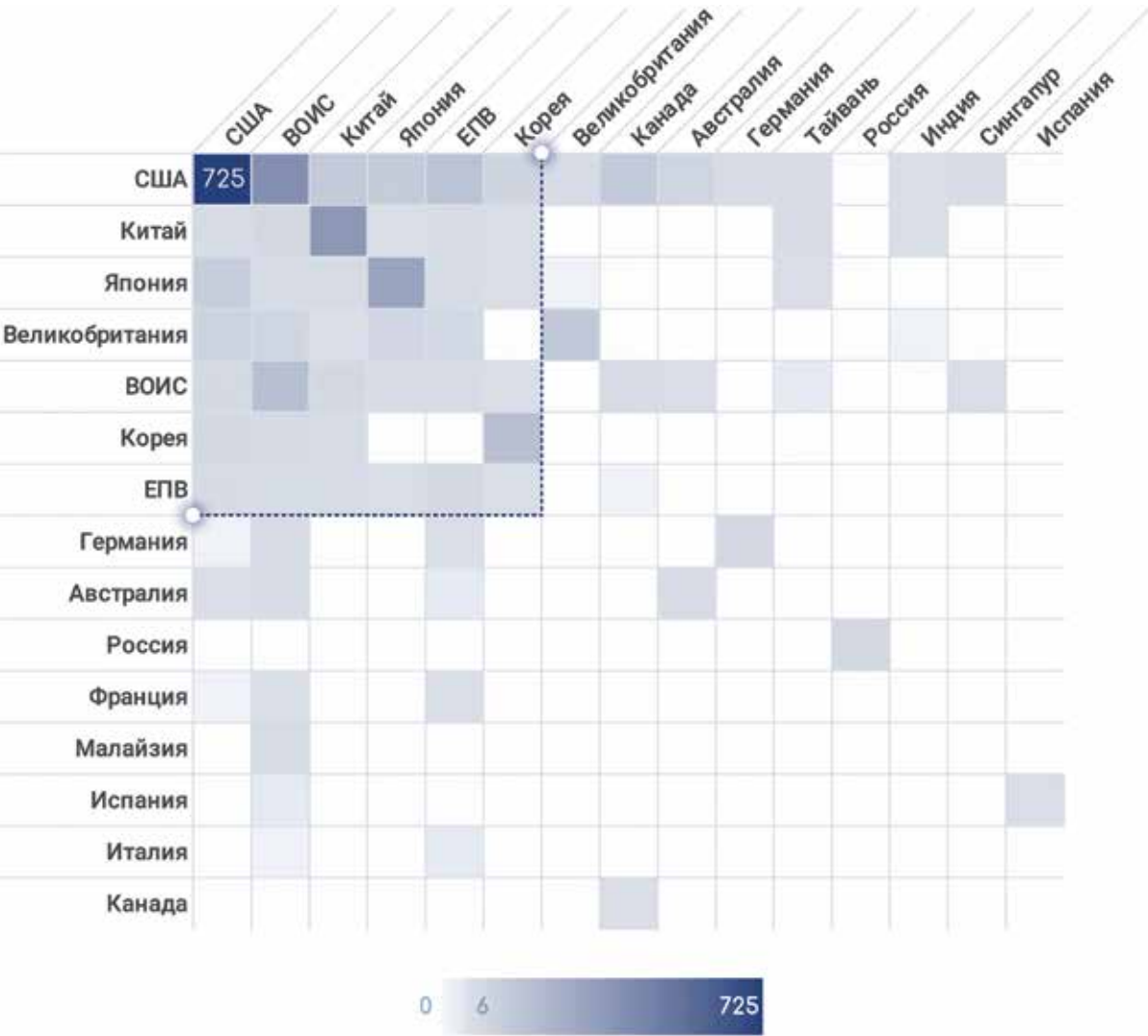
Интересным наблюдением также является тот факт, что отсутствуют страны, которые бы выводили свои технологии на рынок Франции и Малайзии. При этом у этих стран отмечается большое число заявок на национальном рынке, а также заявки по процедуре РСТ и ЕПВ (у Франции). Основной объем патентования на рынке Малайзии обеспечивается за счет национального R&D центра MIMOS при Министерстве международной торговли и промышленности, который выполняет широкий спектр прикладных исследований в области квантовой криптографии и сенсорики. Франция представлена научно-исследовательским институтом СЕА, основной задачей которого является разработка всех видов использования атомной энергетики, как гражданской, так и военной, и французской компьютерной компанией Bull SAS (принадлежит французской корпорации Atos). Это может говорить о том, что во Франции и Малайзии разработки проводятся с использованием государственного финансирования, патентуются, а затем выводятся на международный уровень охраны.

Российский рынок представляет интерес для заявителей из США, Японии, Великобритании, Франции и Финляндии. Территориальный охват российскими заявителями включает в себя только США и небольшое число международных заявок по процедуре РСТ. Компаниями, которые имеют международные заявки, являются Photonic Nano-Meta Technology (WO2016085367) и Общество с ограниченной ответственностью Научно-исследовательская компания «Каскад» (WO2014035296 и WO2012141610). Компания Photonic Nano-Meta Technology занимается проектированием и разработкой однофотонных источников. В своих исследованиях данная компания активно применяет различные метаматериалы и наноалмазы. Компания Каскад ведет исследования по использованию одиночных частиц (фотонов в частности) для передачи информации. Для других стран характерно небольшое число юрисдикций в фокусе внимания помимо национального рынка. Наиболее характерной стратегией патентования для них является технологическое преимущество на национальных рынках с единичными случаями выхода на зарубежные рынки. Количество зарубежных

публикаций у этих стран может свидетельствовать о стратегиях закрытия рынков от возможных конкурентов с помощью установления уровня техники несколькими заявками без дальнейшего закрепления экономических позиций. В основном к странам повышенного внимания относятся лидеры патентования в области КОИКС: США, Китай, Япония, Корея.

Соотношение стран базовой публикации и стран последующих публикаций

Рисунок 22



Европа

Великобритания – одна из стран-лидеров по территориальному распространению технических решений.

- Особый интерес цитирования к технологиям компании Element Six
- Наиболее цитируемое семейство коллекции GB200917060 относится к области квантовой криптографии и принадлежит британской оборонной компании QinetiQ.
- Активность патентования в Великобритании обусловлена также наличием европейского подразделения R&D центра Toshiba Research Europe.

Во Франции разработки в области КОИКС ведутся на уровне научно-исследовательских центров с государственным участием.

США

В области КОИКС отмечается монопольное лидерство компаний из США.

Рынок США в наибольшей степени диверсифицирован.

Американские компании часто используют процедуру РСТ для патентования своих технических решений на международном уровне.

В США отмечаются компании, которые реализуют различные стратегии патентования в области КОИКС:

- являются держателями базовых технологий (D-Wave Systems и Northrop Grumman);
- имеют развитые каналы мониторинга новых технических решений (IBM);
- используют нехарактерные (выжидательные) стратегии патентования (Intel и Google);
- используют специфику патентного законодательства в своих интересах (Northrop Grumman)

Китай

Китайские компании имеют конкурентоспособные технические решения в области КОИКС.

Китайские заявители в наибольшей степени представлены в сегменте «Коммуникация и криптография».

Китай выходит со своими техническими решениями на рынки Канады и Индии.

Китайская компания Alibaba не уступает американской Google по территориальному охвату.

Ruban Quantum Technology показывает взрывной рост патентования в 2018 году.

Корея

В Корею возрастает роль исследований в области КОИКС.

Корея имеет специализацию в области квантовой коммуникации и криптографии.

- SK Telecom провайдер корейских технологий квантовой криптографии.

Наибольший вклад в патентование вносят корейские научно-исследовательские учреждения.

- Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Kyung Hee University, и др.

Япония

Японские компании поддерживают однородную динамику разработок на всем периоде исследования.

Разработки японских компаний имеют наибольшую ретроспективу поддержания патентов в силе. В Японии отмечается концентрация проблематики в области квантовой коммуникации и криптографии.

- Nippon Telegraph and Telephone и Toshiba являются «пионерами» в области квантовой коммуникации и криптографии.



РЫНКИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

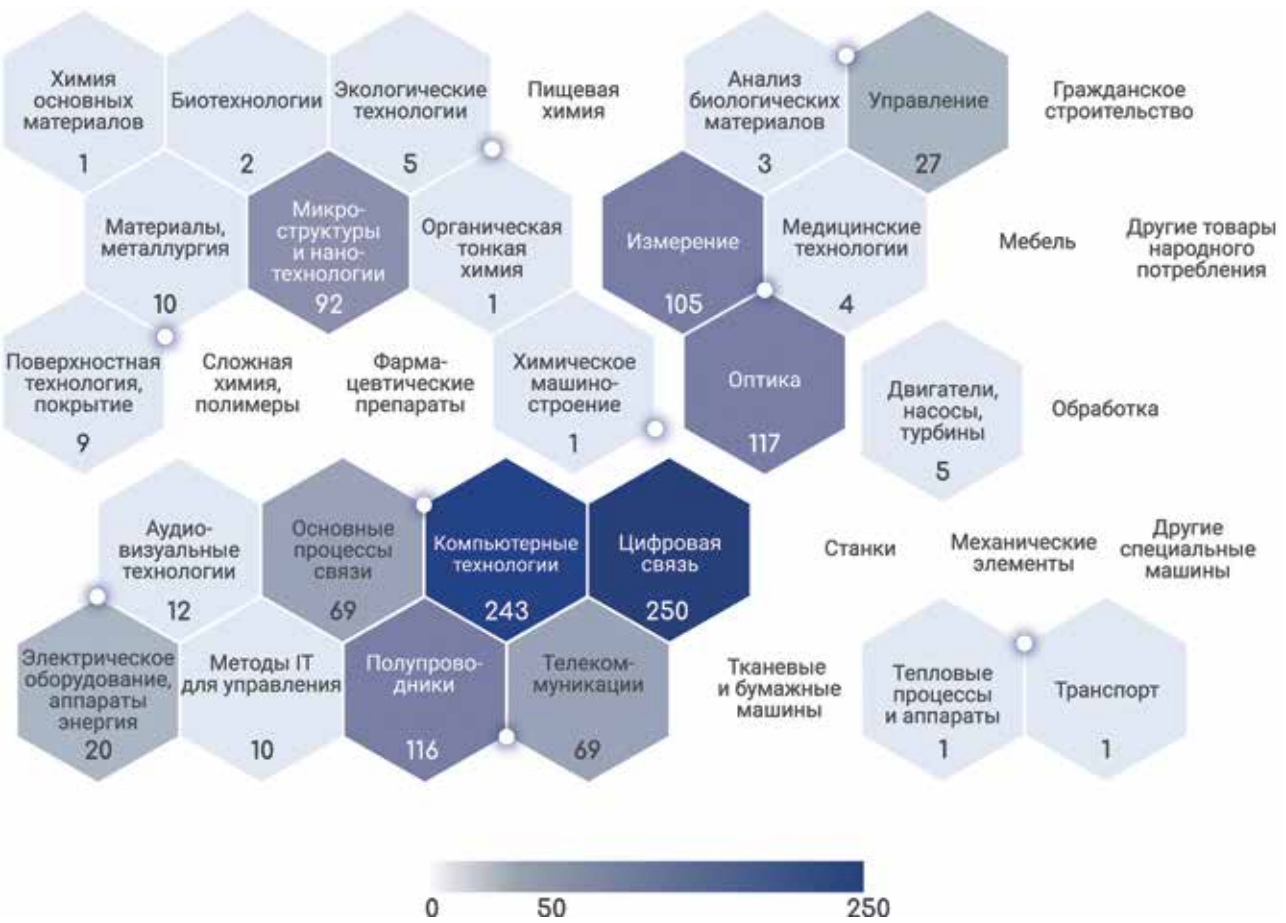


РЫНКИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Анализ рынков и областей применения технических решений дает представление о технологической концепции в области КОИКС. Такой анализ главным образом базируется на «Динамике сот» и сопоставлении кодов патентной классификации (МПК) по разным основаниям.

Рисунок 23

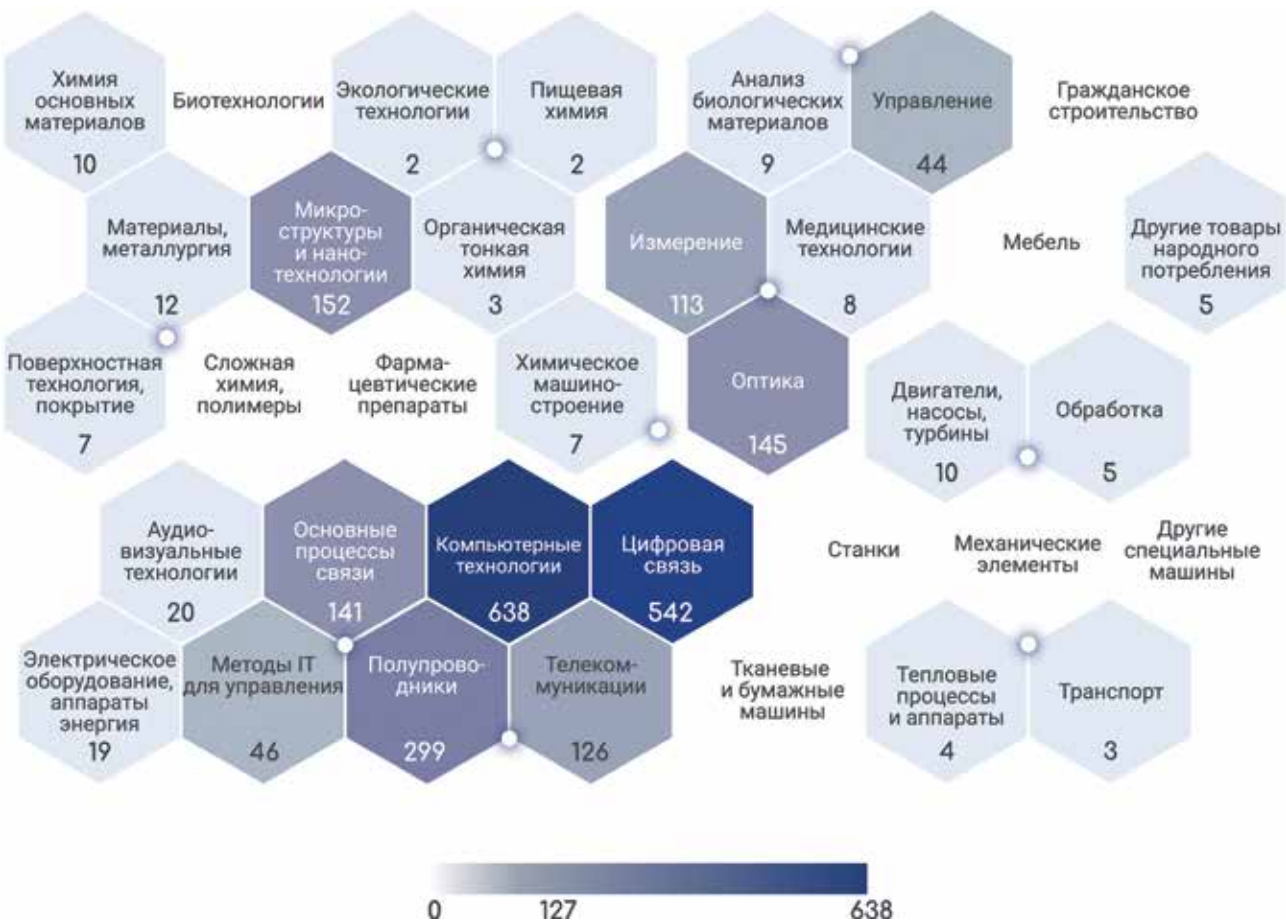
Распределение технологических областей в 2009–2013 годах



Важным направлением анализа является сопоставление эволюции развития областей применения технических решений. С этой целью в настоящем разделе представлены гексагональные карты, характеризующие отношение двух периодов патентования: ранний (с 2009 по 2013 годы) и поздний (с 2014 по 2018 годы). На гексагональных картах разной интенсивностью заливки обозначено число патентных документов по каждой области.

Распределение технологических областей в 2014–2018 годах

Рисунок 24



Базовой сферой применения технологий до 2014 года являются «Компьютерные технологии» и «Цифровая связь» – на эти сегменты приходится основная доля патентных семейств. Также выделяются такие сегменты, как «Полупроводники», «Оптика» и «Измерения». За пятилетний период развития наблюдается довольно широкий охват различных технических областей патентными документами. Такая ситуация не характерна для развития новой отрасли (обычно новые разработки охватывают не более 5 смежных предметных областей). Это свидетельствует о том, что компании, занимающиеся разработками в области КОИКС, стремятся расширять сферы применения технических решений. Это подтверждается тем, что множество сегментов имеют единичные или невысокие показатели. Таким образом, за пять лет сформировалась группа технических сегментов, которая в наибольшей степени отвечает тематике разработок в области КОИКС. К ним относятся: «Компьютерные технологии», «Цифровая связь», «Измерения», «Полупроводники», «Оптика», «Микроструктуры и нанотехнологии», а также сегменты «Основные процессы связи» и «Телекоммуникации».

Анализ гексагональной карты с 2014 по 2018 годы позволяет сделать вывод о том, что основной фокус разработок сместился в сторону сегмента «Компьютерные технологии». Лидерство этих двух сегментов закономерно, поскольку «Компьютерные технологии» и «Цифровая связь» – основные направления исследований в области КОИКС. В целом активность в двух основных областях выросла в 2,5 раза. Одновременно с этим, активность снизилась в сегментах «Измерения», «Оптика» и «Микроструктуры и нанотехнологии», и возросла в сегменте «Полупроводники».

В наибольшей степени прогрессирующими областями применения технических решений КОИКС являются «Компьютерные технологии» и «Полупроводники». Развитие полупроводниковых технологий для КОИКС связано, в первую очередь, с результатами исследований полупроводниковых квантовых точек и двойных квантовых точек. Также развитие получили кубиты на основе ионных ловушек и приборы для квантовой оптики. Наибольшая активность в области «Полупроводники» в последние несколько лет отмечается у таких компаний как IBM (US20160364653, US10256392), Northrop Grumman (CA2987426, US10084454) и Intel (WO2017/217961, US20190043955). При этом количество доку-

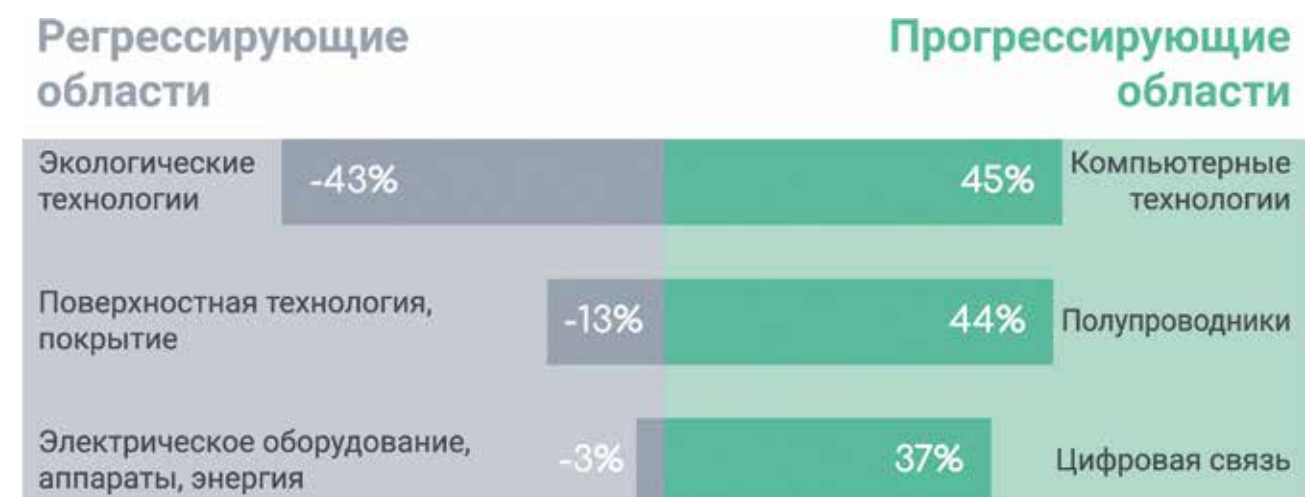
За лидерство в области КОИКС борются сегменты «Компьютерные технологии» и «Цифровая связь»

Применение технических решений КОИКС концентрируется в областях разработки и только готовятся к выходу из лабораторий на «рынки» в другие отрасли

ментов в сегменте «Экологические технологии» значительно снизилось. Это свидетельствует о том, что применение технических решений концентрируется непосредственно в областях разработки и слабо востребовано в других отраслях.

Диаграмма торнадо

Рисунок 25



АНАЛИЗ РУБРИК МПК

Коды Международной патентной классификации (МПК) являются основным средством для классификации патентных документов и, как следствие, одним из базовых оснований в патентной аналитике. Согласно требованиям к оформлению патента, заявителю необходимо указывать этот код, что позволяет провести объективную технологическую аналитику патентных документов. Каждый патентный документ имеет, по крайней мере, один классификационный индекс МПК с указанием области техники, к которой относится изобретение. Семейства коллекции были проанализированы в разрезе наиболее часто встречающихся кодов МПК. Таким образом, были выявлены области техники, к которым наиболее часто относят документы по тематике КОИКС. Такой анализ был проведен для коллекции без учета китайских резидентов в части подклассов, групп и подгрупп МПК. Результаты представ-

лены в Приложении Г «Распределение семейств по рубрикам МПК».

Анализ динамики числа патентов, относящихся к разным кодам МПК (рисунок 26), позволяет выделить наиболее значимые области применения технических решений по направлению КОИКС, а также те, интерес к которым снижается.

Анализ числа семейств, относящихся к наиболее часто употребляемым кодам МПК по годам, показал, что основная активизация патентования наблюдается с 2015 года. Наиболее часто в последнее время заявители патентуют свои разработки в подгруппе МПК H04L-009/08 (Устройства для секретной или скрытой связи с ключевым распределением) и G06N-099/00 (Тематика, не предусмотренная в других группах подкласса компьютерных систем, основанных на специфических вычислительных моделях).

Активное патентование с начала рассматриваемого периода, помимо двух ведущих рубрик, отмечается в H04L-009/12 (Устройства для секретной или скрытой связи, передающие или приемные шифровальные устройства, синхронизируемые или устанавливаемые в начальное положение особым образом), G06F-007/58 (Способы и устройства для обработки данных с воздействием на порядок их расположения или на содержание обрабатываемых данных, генераторы случайных или псевдослучайных чисел), B82Y-010/00 (Нано-технология для обработки, хранения или передачи информации, например квантовые вычисления или логические схемы на одиночном электроде). Эти рубрики относятся к базовым группам технических решений в области КОИКС.

Также к рубрикам МПК возрастающего интереса относятся H01L-039/22 (Приборы с использованием сверхпроводимости; способы или устройства, специально предназначенные для изготовления или обработки таких приборов или их частей), H04L-009/32 (Устройства для секретной или скрытой связи со средствами для установления личности или полномочий пользователя системы), G06N-010/00 (Квантовые компьютеры, т.е. компьютерные системы основанные на квантово-механических явлениях), H01L-029/66 (Полупроводниковые приборы, специально предназначенные для выпрямления, усиления, генерирования или переключения и имеющие, по меньшей мере один потенциальный барьер, на котором имеет место скачкообразное изме-

С 2012 года активно позиционируются технические решения, связанные с областями квантовой коммуникации и криптографии, а также квантовых вычислений и оборудования

нение потенциала, или поверхностный барьер; конденсаторы или резисторы, содержащие, по меньшей мере, один потенциальный барьер, на котором имеет место скачкообразное изменение потенциала, или поверхностный барьер, например имеющие обедненный слой с электронно-дырочным переходом или слой с повышенной концентрацией носителей; конструктивные элементы полупроводниковых подложек или электродов для них), G11C-011/44 (Цифровые запоминающие устройства, отличающиеся применением различных электрических или магнитных элементов памяти; элементы памяти для них). Примерами технических решений из рубрики G11C-011/44 являются патенты компаний Google (US20180348310) и Northrop Grumman (US9384827, CA2952922). Все эти устройства/приборы можно считать базовыми для создания элементной базы квантовых компьютеров на основе полупроводниковых квантовых точек и сверхпроводниковых кубитов.

Динамика патентования во всех ведущих рубриках представляется положительной. Однако отмечается наличие нескольких рубрик МПК, в которых зафиксировано незначительное снижение патентования: H01L-029/778 (Полупроводниковые приборы, специально предназначенные для выпрямления, усиления, генерирования или переключения и имеющие, по меньшей мере, один потенциальный барьер, на котором имеет место скачкообразное изменение потенциала, или поверхностный барьер; конденсаторы или резисторы, содержащие, по меньшей мере, один потенциальный барьер, на котором имеет место скачкообразное изменение потенциала, или поверхностный барьер, например имеющие обедненный слой с электронно-дырочным переходом или слой с повышенной концентрацией носителей; конструктивные элементы полупроводниковых подложек или электродов для них), H04K-001/00 (Секретная связь), H03L-007/26 (Автоматическое управление частотой или фазой; синхронизация с использованием энергетических уровней молекул, атомов или субатомных частиц в качестве эталона частоты).

Также рубрики H04L-009/06 (Устройства для секретной или скрытой связи шифровальные устройства, использующие регистры сдвига или запоминающие устройства для блочного кодирования, например системы на основе стандарта шифрования данных), H01L-029/12 (Полупроводниковые приборы, специально

предназначенные для выпрямления, усиления, генерирования или переключения и имеющие, по меньшей мере, один потенциальный барьер, на котором имеет место скачкообразное изменение потенциала, или поверхностный барьер; конденсаторы или резисторы, содержащие, по меньшей мере, один потенциальный барьер, на котором имеет место скачкообразное изменение потенциала, или поверхностный барьер, например имеющие обедненный слой с электронно-дырочным переходом или слой с повышенной концентрацией носителей; конструктивные элементы полупроводниковых подложек или электродов для них) представляют наименьший интерес для заявителей.

Распределение патентных семейств по рубрикам МПК в зависимости от страны позволяет выявить наиболее перспективные направления для каждого из регионов.

Наибольший технологический охват выявлен у США, где отмечается 17 уникальных подклассов. При этом основное патентование приходится на рубрики H04L-009 (Устройства для секретной или скрытой связи) и G06N-099 (Тематика, не предусмотренная в других группах подкласса G06N). При этом в других рубриках, активность также высокая по сравнению с другими странами. Это может свидетельствовать о том, что США являются основным разработчиком в области КОИКС.

Помимо США, наибольшая активность отмечается у Китая, Японии и Кореи. Фокус патентования в этих странах направлен в основном на рубрику H04L-009.

При этом Корея имеет значительно меньшую плотность патентования и имеет разработки, относящиеся только к 3 активным рубрикам, кроме основных:

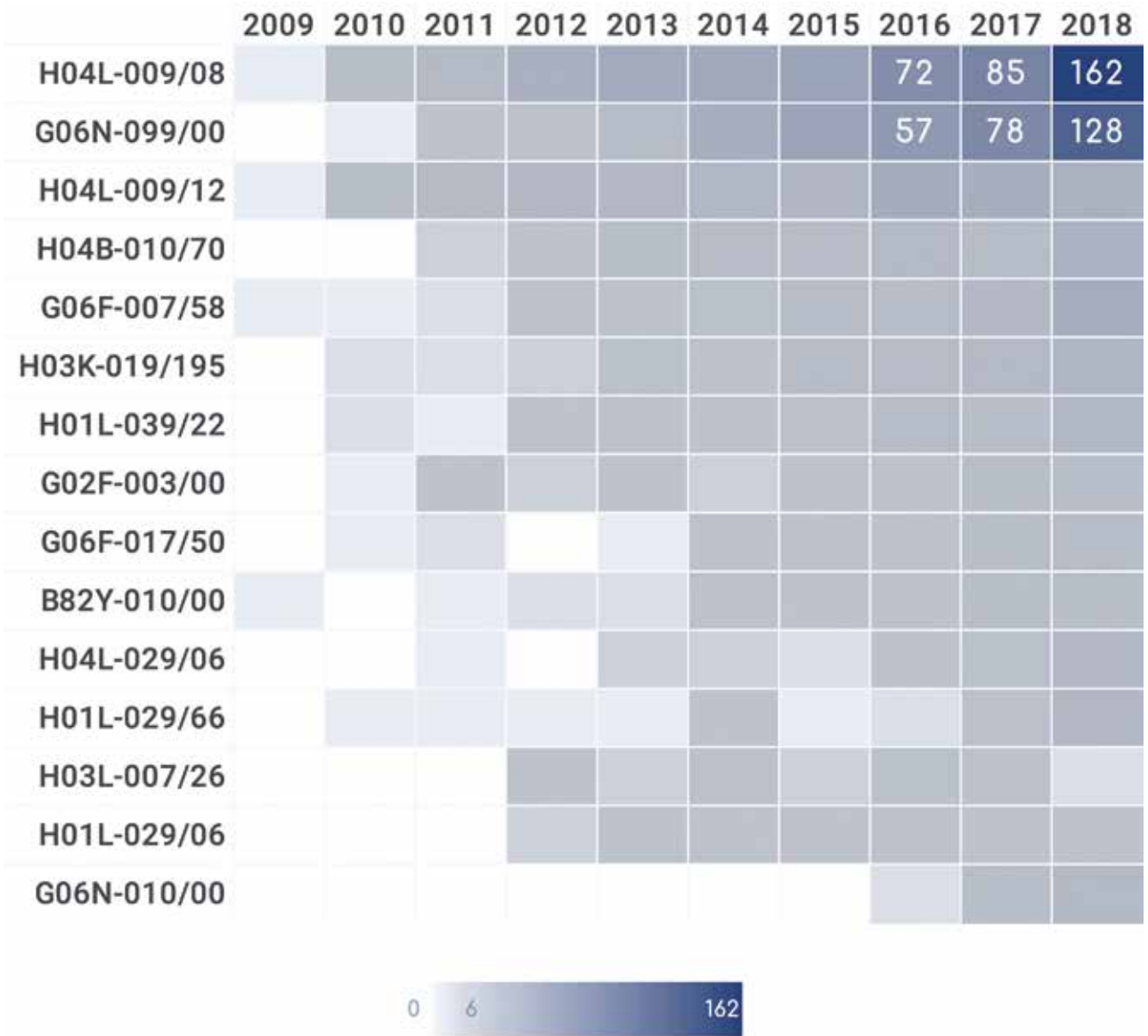
- G06F-007 – Способы и устройства для обработки данных с воздействием на порядок их расположения или на содержание обрабатываемых данных;
- G01N-021 – Исследование или анализ материалов с помощью оптических средств, т.е. с использованием инфракрасных, видимых или ультрафиолетовых лучей; Данная технологическая область может использоваться для создания квантовых интерфейсов и элементов квантовой памяти;

Корея имеет специализацию в области квантовой коммуникации и криптографии

- H04B-010 – Передающие системы, использующие электромагнитные волны иные, чем радиоволны, например видимый свет, инфракрасный или ультрафиолетовый свет, или использующие корпускулярное излучение, например, квантовую связь.

Динамика патентования по рубрикам МПК

Рисунок 26



Для Японии помимо основной рубрики отмечается активность в рубриках G02F-001 (Устройства или приспособления для управления интенсивностью, цветом, фазой, поляризацией или направлением света, исходящего от независимого источника, например для переключения, стробирования или модуляции; нелинейная оптика), G02F-003 (Оптические логические элементы; бистабильные оптические устройства), G06N-099 (Тематика, не предусмотренная в других группах данного подкласса).

Для Китая характерно патентование в наиболее популярных рубриках, однако более половины технических решений относится к рубрике H04L-009 (Устройства для секретной или скрытой связи). При этом для Китая, как и для США и Японии характерно повышенное патентование в непопулярной рубрике H03L-007 (Автоматическое управление частотой или фазой; синхронизация), которая является важной в создании устройств квантовой коммуникации.

Отдельно отмечаются рубрики, в которых заявители наиболее часто используют процедуры международного и европейского патентования для расширения технологического охвата своих разработок. К этим рубрикам относятся:

- H01L-029 – Полупроводниковые приборы, специально предназначенные для выпрямления, усиления, генерирования или переключения и имеющие, по меньшей мере, один потенциальный барьер, на котором имеет место скачкообразное изменение потенциала, или поверхностный барьер; конденсаторы или резисторы, содержащие, по меньшей мере, один потенциальный барьер, на котором имеет место скачкообразное изменение потенциала, или поверхностный барьер, например имеющие обедненный слой с электронно-дырочным переходом или слой с повышенной концентрацией носителей; конструктивные элементы полупроводниковых подложек или электродов для них;
- H01L-039 – Приборы с использованием сверхпроводимости; способы или устройства, специально предназначенные для изготовления или обработки таких приборов или их частей;
- G06F-007 – Способы и устройства для обработки данных с воздействием на порядок их расположения или на содержание обрабатываемых данных;

На международный уровень патентования заявители выводят разработки, связанные с полупроводниками и сверхпроводящими элементами

– G06F-017 – Оборудование или способы обработки данных или цифровых вычислений, специально предназначенные для особых функций;

– H03K-019 – Логические схемы, т.е. устройства, имеющие не менее двух входов, работающих на один выход; инверторные схемы.

При этом для патентования через ЕПВ заявители чаще выбирают рубрики:

– G06F-007 – Способы и устройства для обработки данных с воздействием на порядок их расположения или на содержание обрабатываемых данных;

– H04B-010 – Передающие системы, использующие электромагнитные волны иные, чем радиоволны, например видимый свет, инфракрасный или ультрафиолетовый свет, или использующие корпускулярное излучение, например, квантовую связь.

Отмечается, что в рубрике G06N-010 (Квантовые компьютеры, т.е. компьютерные системы, основанные на квантово-механическом феномене) наибольшую активность патентования проявляют США, Китай и Канада. Также отмечается международное патентование.

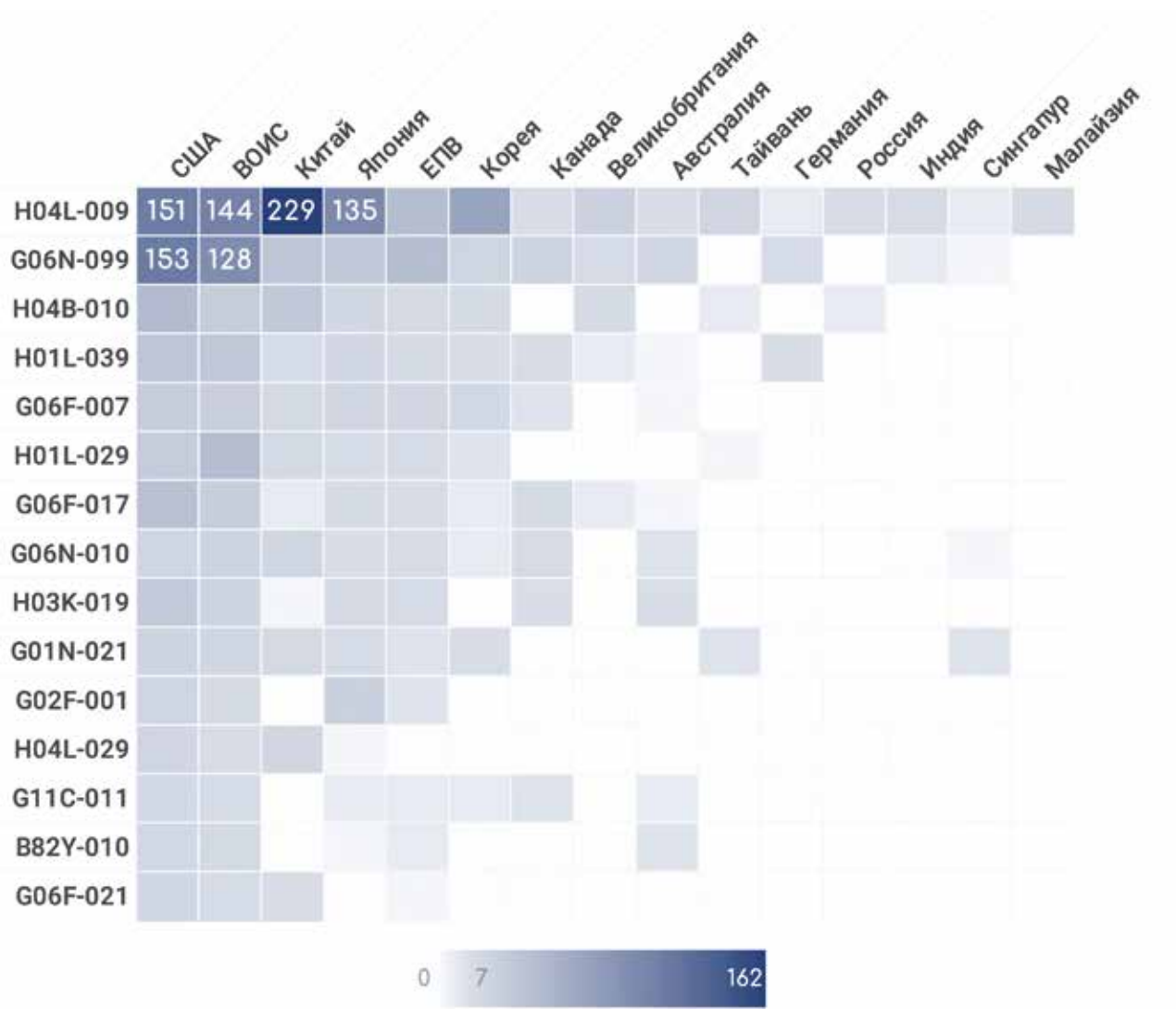
Россия отмечается патентами в рубриках H04L-009 (Устройства для секретной или скрытой связи), H03L-007 (Автоматическое управление частотой или фазой; синхронизация), H04B-010 (Передающие системы, использующие электромагнитные волны иные, чем радиоволны, например видимый свет, инфракрасный или ультрафиолетовый свет, или использующие корпускулярное излучение, например, квантовую связь), G06F-007 (Способы и устройства для обработки данных с воздействием на порядок их расположения или на содержание обрабатываемых данных).

Активность в других странах по остальным рубрикам носит фрагментарный характер и незначительные объемы, при которых фокус внимания представляется нечетким.

Для анализа технологической спецификации компаний также были проанализированы рубрики МПК в соотношении с патентообладателями.

Рисунок 27

Распределение кодов МПК по странам



Патентование крупных компаний-лидеров в рассматриваемой области отмечается схожим технологическим охватом. Так, например, компании Google, Northrop Grumman, Microsoft, IBM имеют практически идентичные рубрики:

- G06N-099/00 – Тематика, не предусмотренная в других группах данного подкласса;

- H03K-019/195 – Логические схемы, т.е. устройства, имеющие не менее двух входов, работающих на один выход;
- G06N-010/00 – Квантовые компьютеры, т.е. компьютерные системы, основанные на квантово-механическом феномена;
- H01L-039/22 – Приборы с использованием сверхпроводимости; способы или устройства, специально предназначенные для изготовления или обработки таких приборов или их частей (приборы с переходом между различными материалами, например приборы с использованием эффекта Джозефсона);
- G06F-017/50 – Оборудование или способы обработки данных или цифровых вычислений, специально предназначенные для особых функций.

Различия заключаются только в том, что Google не присутствует в рубрике H01L-039/22, а компания Microsoft не активна в рубрике G06N-010/00. При этом наиболее популярной рубрикой МПК среди китайских заявителей, которые подают международные заявки, является H04L-009/08 – Устройства для секретной или скрытой связи с ключевым распределением. В ней отмечаются китайские компании Anhui Asky Quantum Technology, Ruban Quantum Technology, Quantumctek, Alibaba Group, Huawei, а также японские NEC и Toshiba.

Японские компании NEC, Toshiba и Nippon Telegraph and Telephone наибольшую патентную активность проявляют в рубрике H04L-009/12 (Устройства для секретной или скрытой связи передающие или приемные шифровальные устройства, синхронизируемые или устанавливаемые в начальное положение особым образом). Компания Nippon Telegraph and Telephone, помимо рубрики H04L-009/12, представлена в рубриках:

- G06N-099/00 – Тематика, не предусмотренная в других группах данного подкласса;
- H03K-019/195 – Логические схемы, т.е. устройства, имеющие не менее двух входов, работающих на один выход;
- H04B-010/70 – Передающие системы, использующие электромагнитные волны иные, чем радиоволны, например видимый свет, инфракрасный или ультрафиолетовый свет, или использующие корпускулярное излучение, например, квантовую связь, фотонная квантовая связь;

- H01L-039/22 – Приборы с использованием сверхпроводимости; способы или устройства, специально предназначенные для изготовления или обработки таких приборов или их частей;
- G02F-003/00 – Оптические логические элементы; бистабильные оптические устройства.

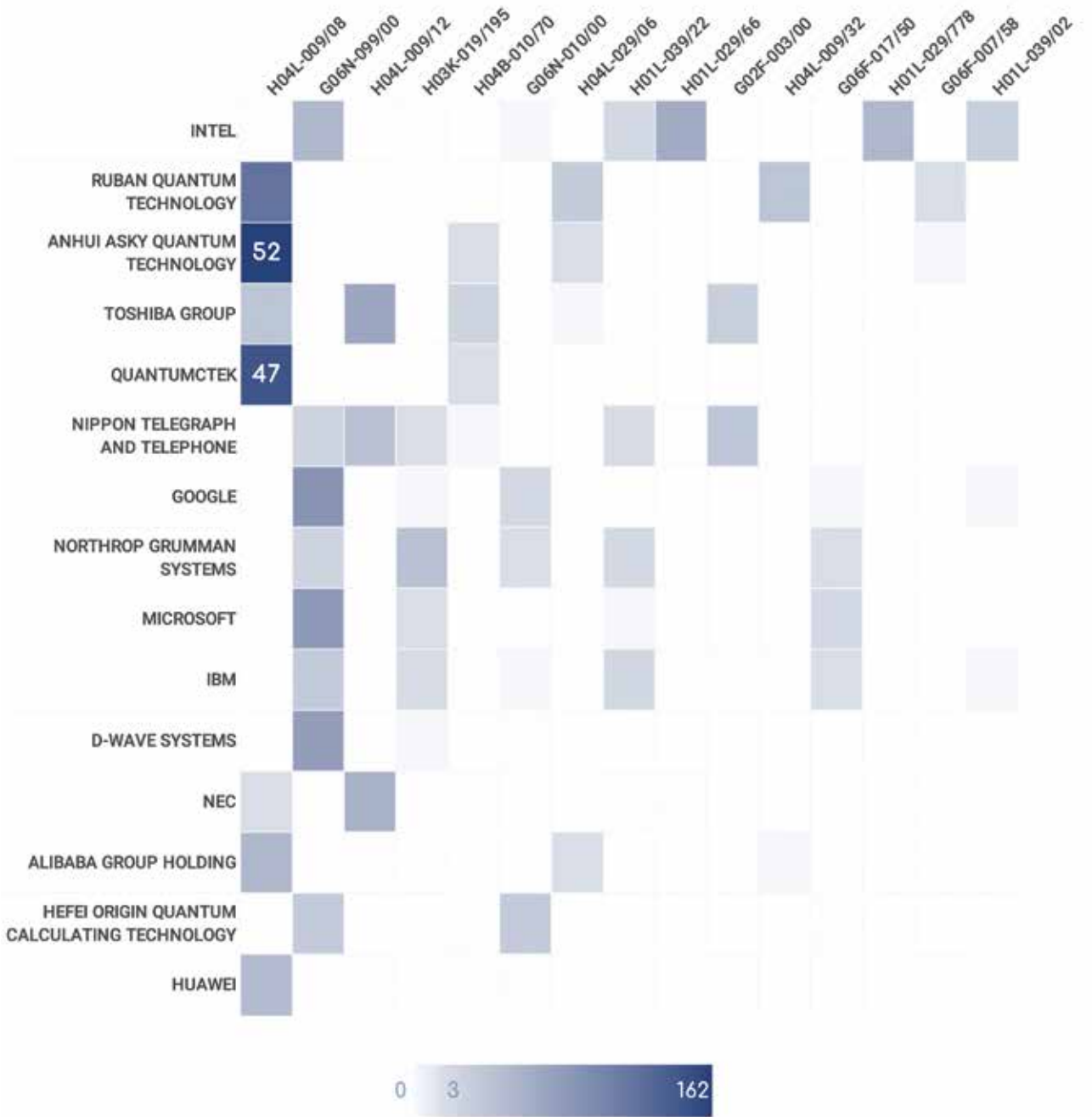
Отдельно отмечается технологический охват компании Intel, которая патентует в рубриках, где другие компании практически не проявляют активность. Это рубрики:

- H01L-029/66 – Типы полупроводниковых приборов;
- H01L-029/778 – Типы полупроводниковых приборов, управляемые только электрическим током или потенциалом, приложенным к электроду, по которому не проходит выпрямляемый, усиливаемый или переключаемый ток, униполярные приборы, полевые транзисторы с каналом с кристаллическим газ-носителем при подаче на затвор напряжения двух полярностей, например транзисторы с высокой подвижностью электронов HEMT;
- H01L-039/02 – Приборы с использованием сверхпроводимости; конструктивные элементы.

Таким образом, можно говорить о четкой спецификации компаний в двух конкурентных областях КОИКС: квантовая коммуникация и криптография, где лидерами являются китайские и японские компании, и квантовые вычисления и оборудование, где отмечена монополия американских крупных корпораций.

Распределение компаний-лидеров по группам МПК

Рисунок 28





ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СЕГМЕНТЫ



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СЕГМЕНТЫ

В настоящем разделе анализ выполнен в рамках обновленной коллекции без учета китайских семейств, у которых не обнаружено выходов на международные рынки. В ходе мозговых штурмов и экспертной валидации выбраны пять технологических направлений, которые наиболее полно раскрывают все аспекты направления квантовых технологий обработки информации и квантовой связи: симуляторы, моделирование и алгоритмы, вычисления и оборудование, метрология и датчики, коммуникации и криптография.

СИМУЛЯТОРЫ



Квантовые симуляторы – специализированные вычислительные устройства, используемые для изучения свойств различных сложных систем (систем, в которых количество возможных состояний очень быстро растет с числом компонентов). Это достигается путем воспроизведения эволюции параметров исследуемой системы в динамике, доступной для экспериментального контроля и манипуляций квантовой системы (квантового симулятора). Таким образом, решение достигается как результат естественной эволюции системы, и его получение не требует колоссальных вычислительных затрат. Основным требованием к квантовому симулятору является возможность экспериментального контроля его параметров – например, величины и характера взаимодействия, геометрии системы, плотности и др.

С помощью квантовых симуляторов станет возможным решение различных типов задач связанных, в первую очередь, с анализом явлений в сложных физических, химических и биологических системах, которые не поддаются моделированию другими средствами. Квантовые симуляторы могут быть полезны при разработке новых типов лекарственных препаратов, материалов с требуемыми свойствами, например, высокотемпературных сверхпроводников и новых типов магнитных материалов.

Важное значение квантовые симуляторы имеют в химии, что является обобщением поиска полезных химических соединений. Эффективный (квантовый) алгоритм вычисления константы тепловой скорости был приведен в работе Даниэля А. Лидар и Хаобина Ван «Calculating the thermal rate constant with exponential speedup on a quantum computer». Квантовые вычисления на основе волновой функции самосогласованного поля позволили рассчитать энергетический спектр молекулярных систем (Wang, H., S. Kais, A. Aspuru-Guzik, and M. R. Hoffmann «Quantum algorithm for obtaining the energy spectrum of molecular systems»). Активное применение квантовых симуляторов в химии позволит изучать статические и динамические свойства молекул (Aspuru-Guzik, A., A. D. Dutoi, P. J. Love, and M. HeadGordon «Simulated quantum computation of molecular energies») и моделировать перераспределение электронов в процессе химических реакций (Smirnov, A., S. Savel'ev, L. Mouroukh, and F. Nori «Modelling chemical reactions using semiconductor quantum dots»).

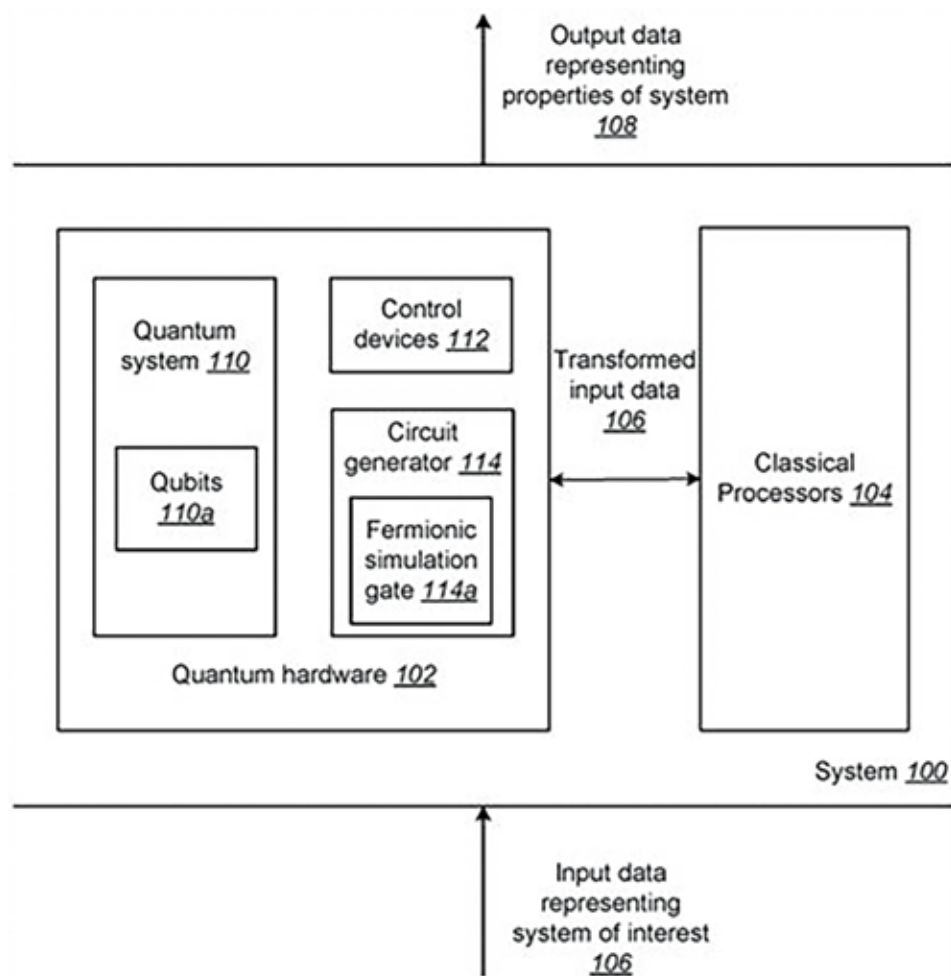
На сегодняшний день созданы различные типы квантовых симуляторов, которые помогают в изучении явлений физики конденсированного состояния, квантовых фазовых переходов и многочастичных явлений. Квантовые симуляторы создаются с использованием различных физических систем, например, ультрахолодных атомов в оптических потенциалах, сверхпроводящих цепей, ионов в ловушках, фотонов и др. Некоторые из созданных на сегодняшний день квантовых симуляторов позволяют изучать свойства физических систем, которые не поддаются исследованию средствами моделирования с использованием классических компьютеров.

СИМУЛИРУЮЩИЕ ФЕРМИОНЫ ГЕЙТЫ (FERMIONIC SIMULATION GATES)

Квантовые симуляторы создаются с целью получения информации о квантовой системе, которую невозможно изучить при помощи стандартных средств моделирования с использованием классических процессоров. Особенную сложность представляет собой задача исследования многочастичных систем фермионов, в связи с тем, что при моделировании её классическими средствами возникает «проблема знака». Вместе с тем, задача моделирования

фермионов имеет большую важность для различных физических задач, например, при изучении химических реакций, поведения электронов в твердых телах (в т.ч. эффект сверхпроводимости) и др.

Рисунок 29 **Принципиальная схема для работы предлагаемого метода симуляции квантовых систем**



Патент WO2019/070228 описывает метод симуляции квантовых систем. Метод состоит из нескольких последовательных шагов. На первом этапе происходит преобразование гамильтониана

изучаемой системы – системы фермионов – в гамильтониан в кубитном представлении. В некоторых случаях для этого может быть использовано преобразование Йордана-Вигнера. На следующем этапе происходит преобразование оператора эволюции исходной системы в набор операций на квантовом симуляторе – квантовых гейтов. С использованием предлагаемого подхода можно определить различные свойства изучаемой квантовой системы. В патенте рассмотрен как общий метод, так и детально разобран набор частных случаев.

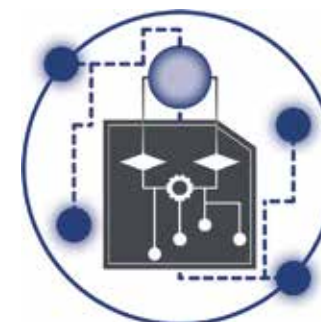
На рисунке к патенту представлена схема работы предлагаемого метода симуляции квантовых систем: основные этапы включают в себя преобразование исходного гамильтониана и оператора эволюции в кубитное представление.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АЛГОРИТМЫ

Компьютерное моделирование – одно из основных средств, определяющих вектор развития квантовых информационных технологий. Детальная симуляция квантово-механической системы позволяет лучше понять процессы, возникающие в процессе эволюции изучаемой физической системы. Сюда относятся и моделирование квантовых систем на классическом компьютере (с целью анализа этой квантовой системы) и изучение / реализация этих самых методов моделирования (с целью построения моделей более сложных систем).

Особенно важным является моделирование на основе параметров реальных физических систем с учетом квантового шума, который является основным препятствием на пути к полномасштабным квантовым вычислениям. Параметры квантовой системы, получаемые после изучения теоретической модели, позволяют экспериментаторам реализовывать наиболее эффективное квантовое вычислительное устройство. Здесь, прежде всего, имеется в виду, что перед созданием устройства, разработчики строят его математическую модель с целью понимания, как реализовать наиболее эффективное устройство из имеющихся у них ресурсов.

Стоит заметить, что всесторонний анализ квантовых систем требует экспоненциально больших затрат ресурсов со стороны



классических вычислительных мощностей. Здесь исследователям на помощь приходят высокопроизводительные вычислительные системы: суперкомпьютеры и графические ускорители.



QUANTUM ALGORITHM ZOO – ВИКИПЕДИЯ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Все известные квантовые алгоритмы приводятся в Quantum Algorithm Zoo, где можно взять параметры вычислительной сложности квантовых версий

Под квантовым алгоритмом понимается последовательность квантовых операций, которые применяются к заданному регистру квантовых битов для решения поставленной задачи. Основным смыслом применения квантовых алгоритмов является то, что некоторые важные научные и практические задачи могут быть решены намного быстрее, чем при использовании самых эффективных известных классических алгоритмов. Любая задача, решаемая на квантовом вычислителе, может быть решена и на классическом компьютере путем явного вычисления выходного квантового состояния. Но такой подход требует экспоненциально больших временных затрат, поэтому появляется возможность ускорять ряд классических алгоритмов, используя квантовый параллелизм. Одним из самых популярных примеров ускорения с помощью квантового параллелизма является алгоритм преобразования Фурье. Базовый алгоритм классического преобразования Фурье требует n^2 операций. Позже был изобретен алгоритм быстрого преобразования Фурье (тоже классический), который работает за $n \cdot \log(n)$ операций и было показано, что это является границей вычислительной сложности. Однако, когда появился алгоритм QFT (Квантовое преобразование Фурье), то оказалось, что он требует всего $\log(n) \cdot \log(n)$ операций (правда квантовых операций).

На сегодняшний день пока не существует реализованного квантового вычислителя, который бы продемонстрировал вычислительное преимущество над классическими компьютерами. Однако в последние годы наблюдается значительный прогресс экспериментальных работ в этой области (см., например, статью

Abhinav Kandala, Antonio Mezzacapo, Kristan Temme, Maika Takita, Markus Brink, Jerry M. Chow, Jay M. Gambetta, «Hardware-efficient Variational Quantum Eigensolver for Small Molecules and Quantum Magnets», Nature 549, 242 (2017)). Теоретические аспекты квантовых алгоритмов также активно развиваются: на сегодняшний день известны более 50 эффективных квантовых алгоритмов.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ КВАНТОВЫХ СХЕМ С НЕПРЕРЫВНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ (AUTOMATED OPTIMIZATION OF LARGE-SCALE QUANTUM CIRCUITS WITH CONTINUOUS PARAMETERS)

Патент US20190121921 посвящен актуальной проблеме квантовых вычислений – оптимизации квантовых схем. Развитие подобных методов и алгоритмов крайне важно для реализации полноценных квантовых вычислительных устройств.

Авторы описывают методы варьирования заданных непрерывных параметров квантовых гейтов для упрощения квантовых систем. Разработанная техника может быть использована совместно с рядом других известных алгоритмов оптимизации. Продемонстрированный оптимизационный алгоритм обеспечивает существенно более высокую степень оптимизации за более короткое время. Данный алгоритм не является аппроксимационным, то есть, базовый функционал квантовой схемы остается неизменным.

Подход, описанный в патенте, основан на разложении всех квантовых гейтов, входящих в схему по набору стандартных гейтов: X (гейт “HE”), H (гейт Адамара), $R_z(\theta)$ (поворот на угол θ вокруг оси z) и CNOT (двухкубитовый гейт “Контролируемое HE”). Далее используется несколько последовательных оптимизационных приемов:

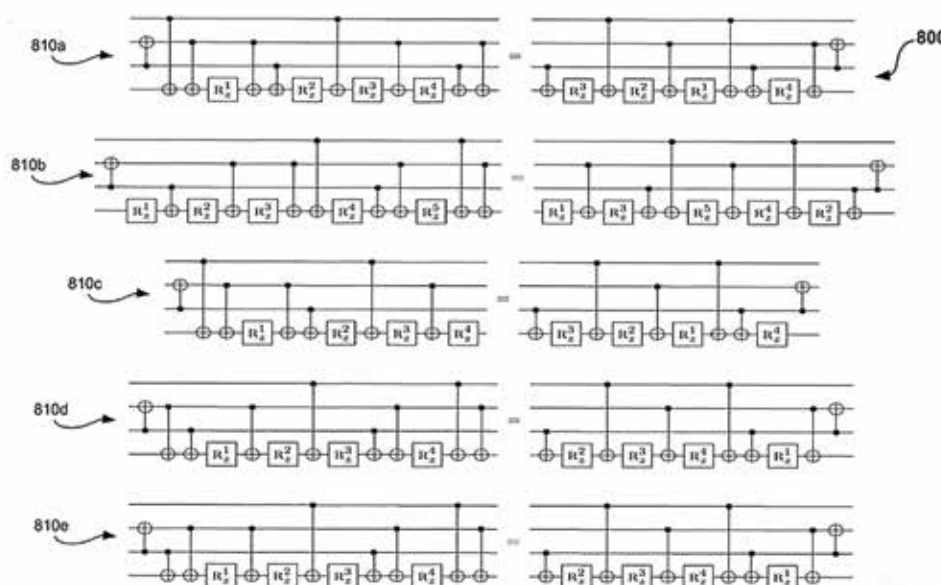
- 1) Уменьшение числа гейтов Адамара;
- 2) Нейтрализация однокубитовых гейтов;
- 3) Нейтрализация двухкубитовых гейтов;
- 4) Объединение фазовых вращений;
- 5) Распределение фазовых гейтов;

Результат работы алгоритма для небольшой квантовой схемы представлен в тексте патента (рисунок 30). Из рисунка видно, что число двухкубитовых гейтов сократилось с 9 до 7. Уменьшение

числа двухкубитовых гейтов – это очень важный аспект оптимизационных алгоритмов, так как физические реализации многокубитовых гейтов сильно подвержены влиянию окружения, что негативно сказывается на эволюции квантового состояния.

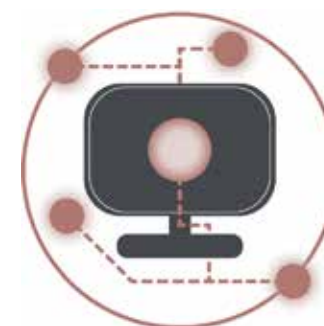
Результаты, полученные с помощью данной методики, позволяют преодолеть разрыв между вычислениями, которые могут быть проделаны на существующем квантовом аппаратном обеспечении, и более продвинутыми вычислениями, которые сложны для физической реализации, но, ожидается, что они превзойдут классические компьютеры.

Рисунок 30 **Результат работы алгоритма оптимизации**



ВЫЧИСЛЕНИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ

Квантовые компьютеры представляют собой класс вычислительных устройств, которые используют для обработки информации квантовые явления, такие как суперпозиция и запутанность. Элементарными информационными единицами при работе квантового компьютера являются кубиты – квантовые «аналоги» классических битов информации. Благодаря явлению квантовой суперпозиции, кубиты могут быть и логическим нулем «0», и логической единицей «1» одновременно (в отличие от классических битов, которые могут быть лишь в одном из этих состояний). За счет такого «квантового параллелизма» в определенных классах математических задач квантовые компьютеры могут продемонстрировать существенное превосходство над классическими технологиями. Примерами задач являются криптоаналитика, моделирование сложных систем, обработка больших данных (big data) и др. Одним из примеров применения квантовых компьютеров в задачах криптоанализа является алгоритм Шора, который позволяет решать задачи факторизации и дискретного логарифмирования многократно быстрее, чем с использованием классических компьютеров. Это ставит под угрозу наиболее распространенные средства криптографии с открытым ключом, например, RSA и ECDSA. Вычислительные возможности квантового компьютера определяются следующими основными характеристиками: количеством кубитов, реализованных в квантовом компьютере – т.е. размером квантового регистра; степенью связности кубитов в регистре; точностью инициализации квантового регистра (погрешностями ввода исходных данных в квантовый компьютер); точностью измерения состояний кубитов (погрешностями считывания результатов вычислений); временем жизни кубитов (т.н. «временем декогеренции», на протяжении которого кубиты сохраняют свои квантовые свойства и являются пригодными для проведения вычислений); набором допустимых логических операций; достоверностью (точностью) реализации набора логических операций, которые могут быть выполнены над квантовым регистром.



В данный момент созданы прототипы квантовых компьютеров на основе различных физических платформ. Лидирующими платформами являются сверхпроводящие квантовые цепи, нейтральные атомы и ионы в ловушках. С использованием этих систем уже продемонстрированы базовые операции с кубитами и реализованы некоторые квантовые алгоритмы, например, алгоритм Шора для факторизации чисел 15 и 21. Рассматривается также ряд других физических систем (например, фотоны и полупроводниковые квантовые точки) для реализации квантовых вычислений. Ключевой сложностью при построении квантового компьютера является необходимость увеличения числа кубит (обеспечения масштабируемости) с одновременным сохранением индивидуального контроля над кубитами (обеспечение низкого уровня ошибок). На сегодняшний день универсальный масштабируемый квантовый компьютер не создан – эта задача чрезвычайно сложна. В таблице представлено сравнение времени вычисления на классическом и квантовом компьютере с помощью нескольких алгоритмов.



ФАКТОРИЗАЦИЯ БОЛЬШИХ ЧИСЕЛ ОСТАЕТСЯ ПРОБЛЕМОЙ КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ
В настоящее время квантовые компьютеры не способны факторизовать большие числа, используемые в открытых ключах. Классический алгоритм решета числового поля (самый эффективный для факторизации) – выражается через экспоненту. Квантовый алгоритм раскладывает число n за $\log^3(n)$ квантовых операций.

Рекорды факторизации на квантовых вычислителях

Таблица 2

Сравнение времени вычисления на классическом и квантовом компьютере с помощью нескольких алгоритмов

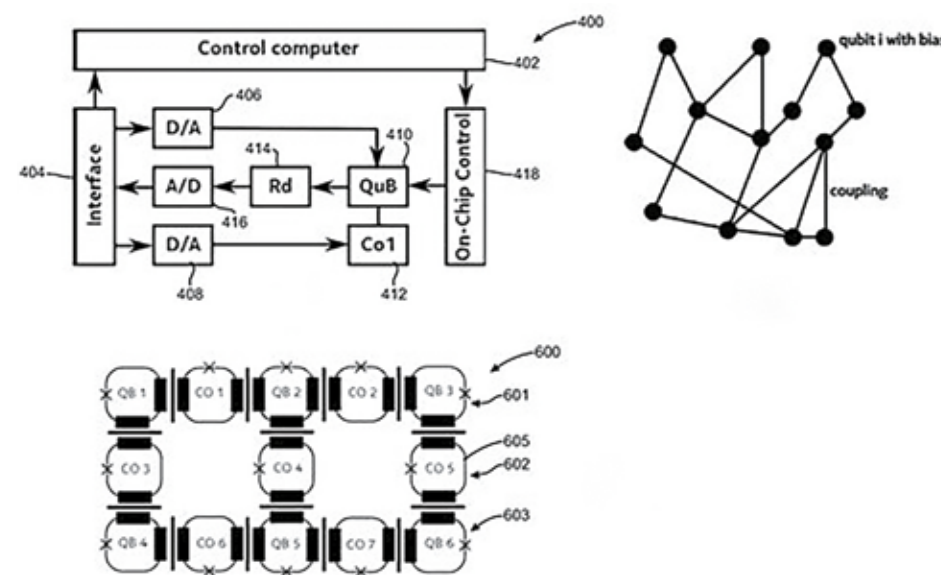
Наименование задачи	Время вычисления на классическом компьютере эксафлопсной (10^{18} флопс) производительности		Время вычисления на квантовом компьютере мегафлопсной (10^6 флопс) производительности	
Разложение натурального числа с количеством десятичных знаков K на простые сомножители (факторизация). Алгоритм Шора	$K=250$	200 часов	$K=250$	4 с
	$K=500$	10 млн. лет	$K=500$	18 с
	$K=1000$	$4 \cdot 10^{17}$ лет	$K=1000$	84 с
Вычисление дискретного логарифма для чисел с количеством десятичных знаков K	Ускорение сопоставимо с алгоритмом Шора			
Быстрый поиск в большой базе данных, содержащей N элементов. Алгоритм Гровера. Ускорение $\sqrt{N}$ раз	$N=10^6$	10 с	$N=10^6$	10 мс
	$N=10^9$	3 часа	$N=10^9$	0,3 с
	$N=10^{15}$	4 месяца	$N=10^{15}$	10 с
Нахождение подстроки длины M в строке длины N (алгоритм Амбайниса)	Ускорение сопоставимо с алгоритмом Гровера			

МЕТОД И УСТРОЙСТВО ДЛЯ АДИАБАТИЧЕСКОГО КВАНТОВОГО ОТЖИГА (METHOD AND APPARATUS FOR ADIABATIC QUANTUM ANNEALING)

Патент GB201404339 посвящен актуальной проблеме разработки схем для реализации квантовых вычислений.

Эффективным методом решения оптимизационных задач является алгоритм имитации отжига (аннилинга, от англ. annealing). Данный алгоритм основан на имитации физического процесса, происходящего при отжиге металлов. В результате этого процесса устойчивая кристаллическая решетка формируется при постепенно понижающейся температуре, а финальная конфигурация соответствует минимуму энергии системы.

Рисунок 31 **Схема для квантовых вычислений с использованием кубитов на основе двойных квантовых точек**



Одним из возможных подходов к реализации квантовых вычислений является реализация алгоритма квантового отжига, в котором при поиске оптимального решения также учитываются квантовые эффекты. В данном патенте обсуждается архитектура для построения квантового компьютера на основе адиабатической реализации алгоритма квантового отжига. Основная идея состоит в следующем. В начальный момент времени квантовая система приготовлена в некотором известном начальном состоянии (в основном состоянии). В ходе эволюции происходит изменение во времени гамильтониана системы. Конечное низкоэнергетическое состояние в конечный момент времени является «хорошим кандидатом» для решения исходной оптимизационной задачи. При этом предполагается, что квантовые эффекты могут дать алгоритму квантового отжига значительное преимущество над классическими методами.

В данном патенте описывается принципиальная схема устройства, реализующего адиабатический квантовый отжиг, на основе

двойных квантовых точек. Авторами патента указывается, что если использовать для схемы вычислений зарядовые кубиты на основе двойных квантовых точек (double quantum dot charge qubits), в которых информация закодирована в положение заряда в двойной квантовой точке, то для них можно создать определенный тип гамильтониана взаимодействия, позволяющий реализовывать квантовый алгоритм отжига. В патенте обсуждаются необходимые технические условия для реализации данной схемы, в частности, предполагается, что требуемые низкие температуры могут быть достигнуты путем использования рефрижераторов растворения.

Обсуждаются также общие требования к системе:

- хорошо определенные и адресуемые кубиты, в которых ширина уровня меньше энергии расщепления;
- возможность управления отдельными кубитами в вычислительном базисе;
- возможность коллективно и динамически настраивать параметр туннелирования;
- возможность управления взаимодействием в системе кубитов;
- высокая точность считывания кубитов в вычислительной основе.

При этом подробно не обсуждается, как именно в предлагаемой системе такие требования могут быть удовлетворены.

МЕТРОЛОГИЯ И ДАТЧИКИ

Квантовые сенсоры используют квантовые материалы и устройства на их основе, отличающиеся от классических тем, что используют квантовые свойства суперпозиции, перепутанности и сжатия квантовых состояний, что позволяет однозначно выделить полезный сигнал среди шума и обеспечить сверхчувствительность измерения, превышающую предел точности измерений, который может быть достигнут классическими методами.

Квантовые сенсоры, квантовые лидары и квантовые радары позволяют с высокой точностью и при низких уровнях интенсив-



ности сигнала проводить измерения интервалов времени, расстояния, изменения электрических, магнитных, гравитационных полей, а также обнаруживать предельно низкие концентрации химических и радиоактивных вещества, обеспечивая экологический и промышленный мониторинг.

Квантовые гравиметры / акселерометры / гироскопы будут использоваться в георазведке, строительстве, и автономной навигации. Квантовые магнитометры служат измерению сверхмалых магнитных полей и уже применяются, например, в магнитокардиографии, магнитоэнцефалографии. Квантовые спинтронные сенсоры применяются также в информационных технологиях (сверхплотная и сверхбыстрая магнитная память). Все более важной становится точность синхронизации систем хранения и передачи данных, измерение времени задержки в таких системах основано на квантовых часах.

Квантовая метрология также основана на сверхточных измерениях с использованием квантовых состояний и применяется в стандартах частоты-времени (квантовые колебания в атомах), сопротивления (квантовый эффект Холла), напряжения (сверхпроводящие джозефсоновские переходы).

ХИМИЧЕСКИЙ ДАТЧИК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПА КВАНТОВОЙ ЗАПУТАННОСТИ ФОТОНОВ (CHEMICAL SENSING USING QUANTUM ENTANGLEMENT BETWEEN PHOTONS)

Проблема, возможное решение которой изложено в патенте US2016356917, связана с определением химического (элементного) состава вещества, расположенного в труднодоступном месте. В патенте в качестве примера приведена задача определения состава грунта при бурении скважин в нефте- и газодобыче, когда определяемый образец находится на большой глубине под поверхностью земли, и доставка туда измерительного оборудования, обычно достаточно габаритного, сильно затруднена или вовсе невозможна.

Метод анализа состава вещества, предложенный в патенте, основан на явлении квантовой запутанности фотонов. В предложенном методе измерения состава используется тот факт, что определение (измерение) состояния одного фотона из пары за-

путанных фотонов одновременно приводит к появлению определённого (известного) состояния у второго фотона. При этом фотоны могут в момент измерения находиться на большом расстоянии друг от друга.

В настоящем патенте предложена следующая схема определения химического состава в скважине.

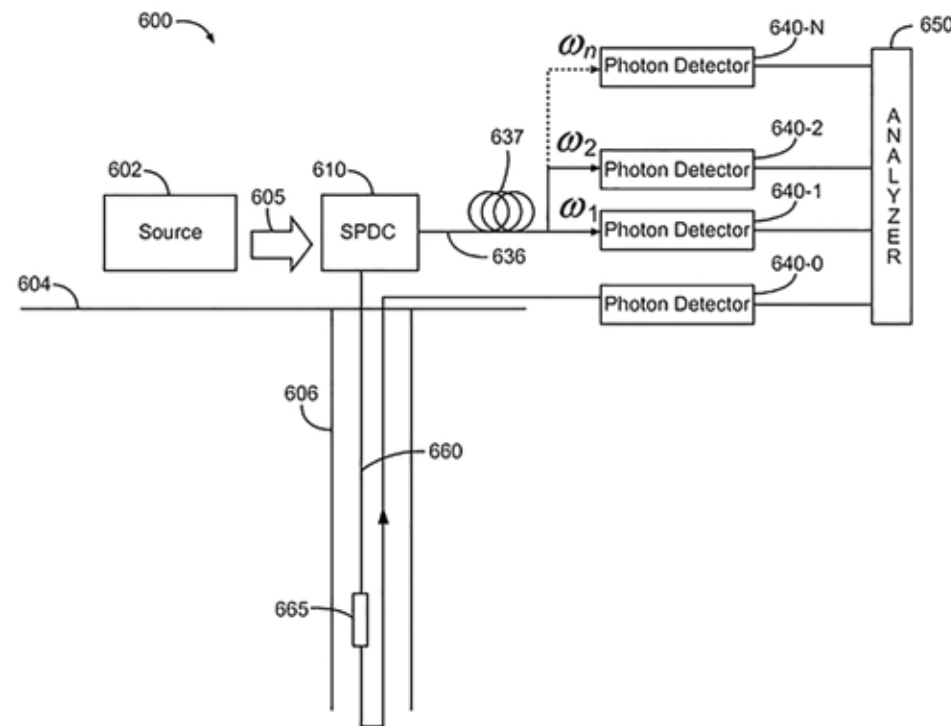
В устройстве генерации формируют пару запутанных фотонов. Запутанность может быть по частоте или по поляризации фотонов. Далее один фотон из пары по оптоволокну направляют в скважину к объекту измерения (химическому веществу). При взаимодействии с данным химическим элементом фотон определённым образом изменяет своё состояние (например, поглощается или затухает). Второй фотон из пары по другому каналу (например, другому оптоволокну) на поверхности земли направляют к детектору. Поскольку расстояние, которое проходит первый фотон до объекта измерения, обычно значительно больше, чем расстояние, которое необходимо пройти второму фотону до детектора, в канал передачи второго фотона включают устройство задержки с тем, чтобы детектирование второго фотона состоялось не раньше, чем взаимодействие первого фотона с определяемым веществом.

Таким образом, в патенте предложен метод определения химического состава, в котором определяемое вещество может находиться на значительном (до нескольких десятков километров) удалении от основной измерительной аппаратуры (генератор, устройство задержки, детектор, анализатор). И хотя в патенте предложенная схема применяется для скважин, совершенно ясно, что она может быть использована для любой ситуации, где детектор и объект удалены друг от друга.

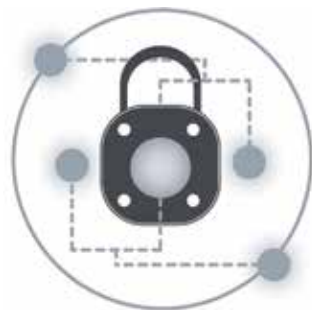
На рисунке 32 номер 602 – источник фотонов, 604 – поверхность земли, 606 – ствол шахты, 636, 660 – оптоволокну, 637 – устройство задержки, 610 – устройство для запутывания фотонов, 640 – детекторы фотонов, 650 – анализатор, 665 – датчик.

Нужно отметить, что данный патент в большей степени носит концептуальный характер, варианты реализации химического датчика рассматриваются без учета технических, экономических, социальных и регуляторных вопросов, что может быть темой дальнейших исследований и разработок.

Рисунок 32 **Схема использования описанного принципа для детектирования веществ в скважине**



КОММУНИКАЦИЯ И КРИПТОГРАФИЯ



Квантовая коммуникация (квантовая связь) – это совокупность методов для передачи квантовой информации, т. е. информации, закодированной в квантовых состояниях (КС), из одной пространственной точки в другую. Носителями квантовой информации являются квантовые системы, которые могут находиться в различных квантовых состояниях. Квантовая коммуникация (КК) является неотъемлемой частью междисциплинарной отрасли «Квантовая обработка информации» или «Квантовые технологии».

Обмен информацией между удалёнными пользователями происходит с учётом типа КС, которые, в отличие от классических состояний, могут быть неортогональными и перепутанными

(сцепленными). Любая система квантовой коммуникации состоит из источника квантовых состояний, среды, в которой распространяются эти состояния (канала связи), и детекторов, измеряющих квантовые состояния. В сетевых вариантах систем квантовой коммуникации добавляются маршрутизаторы и другие классические средства коммутации и обработки данных. Для генерации КС на отдельных фотонах, в основном, используют сильно ослабленные лазерные импульсы. В перспективе – создание источников одно-, двух- и, в общем случае, N-фотонных состояний. Структурно, КК охватывает три направления: волоконно-оптические линии связи, атмосферные линии связи и квантовые интерфейсы / квантовая память.

В основном, прогресс в области КК связан с развитием квантовой криптографии, основной задачей которой является осуществление постоянной смены секретных ключей в автоматическом режиме без участия операторов (включая системных администраторов), что исключает человеческий фактор. Данные ключи предназначены для дальнейшего использования в системах симметричного шифрования. Глобальная цель систем КК – создание сетевой реконфигурируемой полностью автоматизированной инфраструктуры смены ключей, которая включает распределение ключей как по волоконно-оптическим линиям, так и через атмосферные каналы, включая спутники. Сетевая структура должна быть интегрирована с инфраструктурой классических средств шифрования. Для достижения этой цели системы квантовой криптографии должны содержать базовые элементы систем квантовой криптографии, без которых невозможно считать системы работоспособными:

- физический генератор (квантовый) истинно случайных последовательностей;
- однофотонный детектор;
- протокол квантового распределения ключей с доказуемой секретностью;
- процедуры коррекции ошибок в «сырых» ключах;
- процедуры доказуемого усиления секретности очищенных ключей до финальных секретных ключей.

Наряду с квантовой криптографией, квантовая коммуникация охватывает и другие протоколы обмена данными, такие как кван-

товая телепортация, плотное кодирование, обмен перепутывания и другие.

СИСТЕМА БЕЗОПАСНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ И АУТЕНТИФИКАЦИИ С УСИЛЕННОЙ ФУНКЦИЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАНТОВОЙ КРИПТОГРАФИИ (SECURE PAYMENT AND SECURE AUTHENTICATION SYSTEM HAVING STRENGTHENED SECURITY FUNCTION BY USING QUANTUM CRYPTOGRAPHY)

Патент WO2016117977 посвящен актуальной на сегодняшний день задаче – обеспечению защищенных платежных операций между мобильным пользователем и терминалом.

Большинство платежных систем основано на так называемой асимметричной криптографии. Известно, что криптографическая стойкость таких систем окажется под угрозой с появлением квантовых компьютеров. В данном патенте предлагается решение проблемы защищенности платежных систем путем использования методов квантовой криптографии.

В соответствии с настоящим изобретением, используя аутентификацию пользователя с устройством связи и способ аутентификации между ретранслятором и сервером на основе квантовой криптографии, можно повысить безопасность приложения мобильных платежей.

В настоящем патенте – на основе принципов квантовой криптографии – предложены:

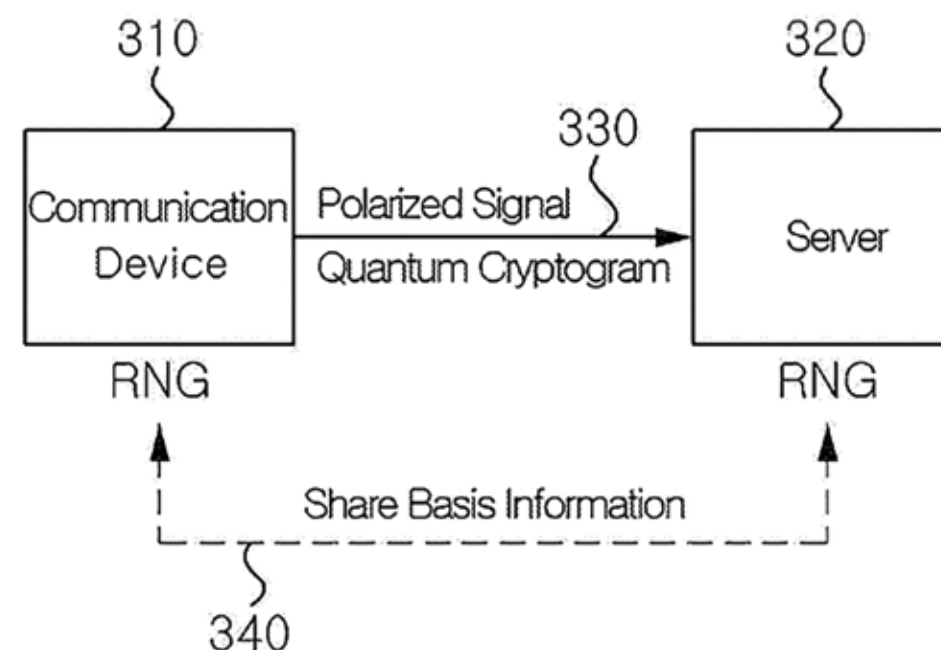
- протокол аутентификации – через точку доступа между мобильным терминалом и сервером;
- описание малогабаритного мобильного терминала, который обеспечивает аутентификацию и, тем самым, безопасную работу приложения мобильных платежей.

Предлагаемый в патенте подход позволит принципиально изменить работу приложения мобильных платежей за счет использования системы квантовой криптографии через атмосферный канал. Здесь на качественном уровне рассматривается устройство основных узлов такой мобильной платежной системы и способы ее построения как на основе поляризационного, так и фазового кодирования. Нужно отметить, что данный патент в большей степени носит концептуальный характер, предложенный вариант

устройства мобильного терминала рассматривается без учета технических, экономических, социальных и регуляторных вопросов, что может быть темой дальнейших исследований и разработок.

Процесс коммуникации между устройством связи и сервером согласно варианту осуществления изобретения

Рисунок 33



АНАЛИЗ КОЛЛЕКЦИЙ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ СЕГМЕНТАМ

Для выбранных технологических сегментов выполнен анализ патентной информации в рамках наиболее ценного массива патентных документов. Такой подход обеспечивает глубокий анализ технологических направлений и предоставляет возможность выявить отраслевые компании, их стратегии охраны, а также конкретные перспективные технические решения. Однако стоит отметить, что одно семейство может содержать в себе патентные документы, отнесенные к разным сегментам. Такая ситуация вполне зако-

номерна, поскольку представленные сегменты технологически близки.

Принимая во внимание описанный подход к анализу технологических сегментов, следует учитывать, что патентные документы не имеют четких ограничений вхождения в определенный сегмент, а могут быть представлены сразу в нескольких. Общие данные по каждой коллекции представлены в таблице 3.

Таблица 3

Общие данные по коллекциям технологических сегментов

	Технологические сегменты				
	Симуляторы	Моделирование и алгоритмы	Вычисления и оборудование	Метрология и датчики	Коммуникация и криптография
Число семейств	23	677	785	393	813
Всего публикаций	78	1957	2221	1331	2006
Заявки	68	1453	1636	883	1377
Патенты	10	356	504	397	476
Полезные модели	0	103	15	22	96

Все коллекции по сегментам представлены большим числом заявок, что говорит об активной фазе патентования в последние несколько лет. Китайские заявители в наибольшей степени представлены в сегментах «Моделирование и алгоритмы» и «Коммуникация и криптография», о чем говорит число полезных моделей в сегменте. В отличие от международных патентов, национальные китайские патенты в большинстве случаев имеют форму патента на полезную модель, так как они оформляются гораздо легче, а плата за регистрацию изобретения вполне доступна. Патенты на полезные модели приравниваются к патентам на изобретения и попадают под действие национальных программ, по которым

китайские компании получают налоговые льготы и государственные субсидии. Таким образом, в Китае больше, чем в других странах, прибегают к патентованию полезных моделей, несмотря на то, что такие технические решения редко отвечают высокому техническому уровню и имеют низкую экономическую эффективность. Наибольшее число семейств отмечается в сегментах «Коммуникация и криптография» и «Вычисления и оборудование».

В настоящем разделе анализ патентных документов по технологическим сегментам имеет целью выявить наиболее интересные тренды, относящиеся к каждому сегменту или совокупности их развития за последние 10 лет.

Динамика развития патентования по каждому сегменту, отражающаяся в процентном показателе средних темпов роста, представлена на рисунке 34. За основу графика взята дата публикации патентных документов.

Темпы роста технологических сегментов различаются и во многом связаны с ретроспективой патентования. Так, «Симуляторы» датированы патентными документами 2013 года и за 5 лет средний темп роста в сегменте составил 53%. При этом в последний год показатели публикаций увеличились в два раза. Это может быть связано с активизацией китайской компании Hefei Origin Quantum Calculating Technology. Также в 2018 году свой вклад в область квантовых симуляторов внесла американская компания Rigetti и японская Hamamatsu Photonics. При этом в предыдущие годы разработками в основном занимались Microsoft, Northrop Grumman и Alibaba Group. Однако общее число публикаций в коллекции значительно ниже, чем в других представленных сегментах. Это может говорить о том, что квантовые симуляторы в настоящее время имеют низкий уровень патентной охраны и высокие перспективы развития.

Наименьший темп роста отмечается в сегменте «Метрология и датчики». Прирост с 2010 года в среднем составляет 23%. Вместе с этим в представленном сегменте отмечается неоднородность ежегодного патентования. После 2014 года произошел некоторый спад публикационной активности, а затем возобновление более медленных темпов роста) и, как следствие, снижение общего показателя прироста в сегменте. Предполагается, что такая ситуация может быть связана с возникновением определенных

Китайские заявители в наибольшей степени представлены в сегментах «Моделирование и алгоритмы» и «Коммуникация и криптография»

Квантовые симуляторы имеют низкий уровень патентной охраны и высокие перспективы развития

технических проблем, требующих поиска решений, которые могут стать основой технологического прорыва в будущем.

Технологическими сегментами, темпы роста числа публикаций, в которых составляют более 40% за рассмотренный временной интервал, являются «Вычисления и оборудование» и «Моделирование и алгоритмы». Они имеют наибольшую ретроспективу патентования среди рассматриваемых сегментов, поскольку имеют пересечения с общей тематикой квантовых технологий. При этом сегмент «Коммуникации и криптография», начало активного патентования в котором относится к 2010 году, отстает в темпах развития.

Такое распределение показателей определяет технологический фокус разработчиков: наибольшая активность на всем рассматриваемом периоде отмечается в более классических сегментах (компьютеры, моделирование, коммуникации), которые базируются на основах квантовых технологий. Такое развитие закономерно, поскольку обеспечивает наиболее быстрый и эффективный результат коммерциализации при минимальных издержках. При этом не менее перспективные технологии (квантовые симуляторы, метрология, сенсорика) с более сложной архитектурой проблематики, требуют более серьезных вложений в исследования, что сказывается на объемах патентования в данных сегментах.

На основании ключевых слов или словосочетаний, наиболее часто встречающихся в тексте патентов, была создана тематическая карта, которая характеризует распределение семейств патентов по основным тематическим группам. Данное представление позволяет идентифицировать понятия и термины, наиболее часто используемые заявителями при описании своих разработок. Особенностью тематической карты является логика построения, группирующая патентные документы (точки) вокруг обозначенных центров притяжения (тематические группы). Чем более патентные документы схожи тематически, тем ближе они расположены на карте. Анализ тематической карты может стать источником идей для новых разработок или выявления защищенных технологий в области интереса.

Из представленной карты можно сделать вывод, что все рассматриваемые технологические сегменты так или иначе связаны

Наибольшая патентная активность отмечается в более классических сегментах (компьютеры, моделирование, коммуникации)

между собой, поскольку имеют в своем составе патенты со смежными ключевыми словосочетаниями тематических групп. Так, например, «Метрология и датчики» включает квантовые измерения, однофотонный детектор, квантовый спиновый дефект; «Коммуникации и криптография» – распределение квантовых ключей, квантовую память и различные виды аутентификации, «Вычисления и оборудование» – квантовую память, квантовые вычисления, квантовый отжиг, квантовые платформы, «Моделирование и алгоритмы» – оптимизацию квантового отжига, машинное обучение, переход Джозефсона и т.п.

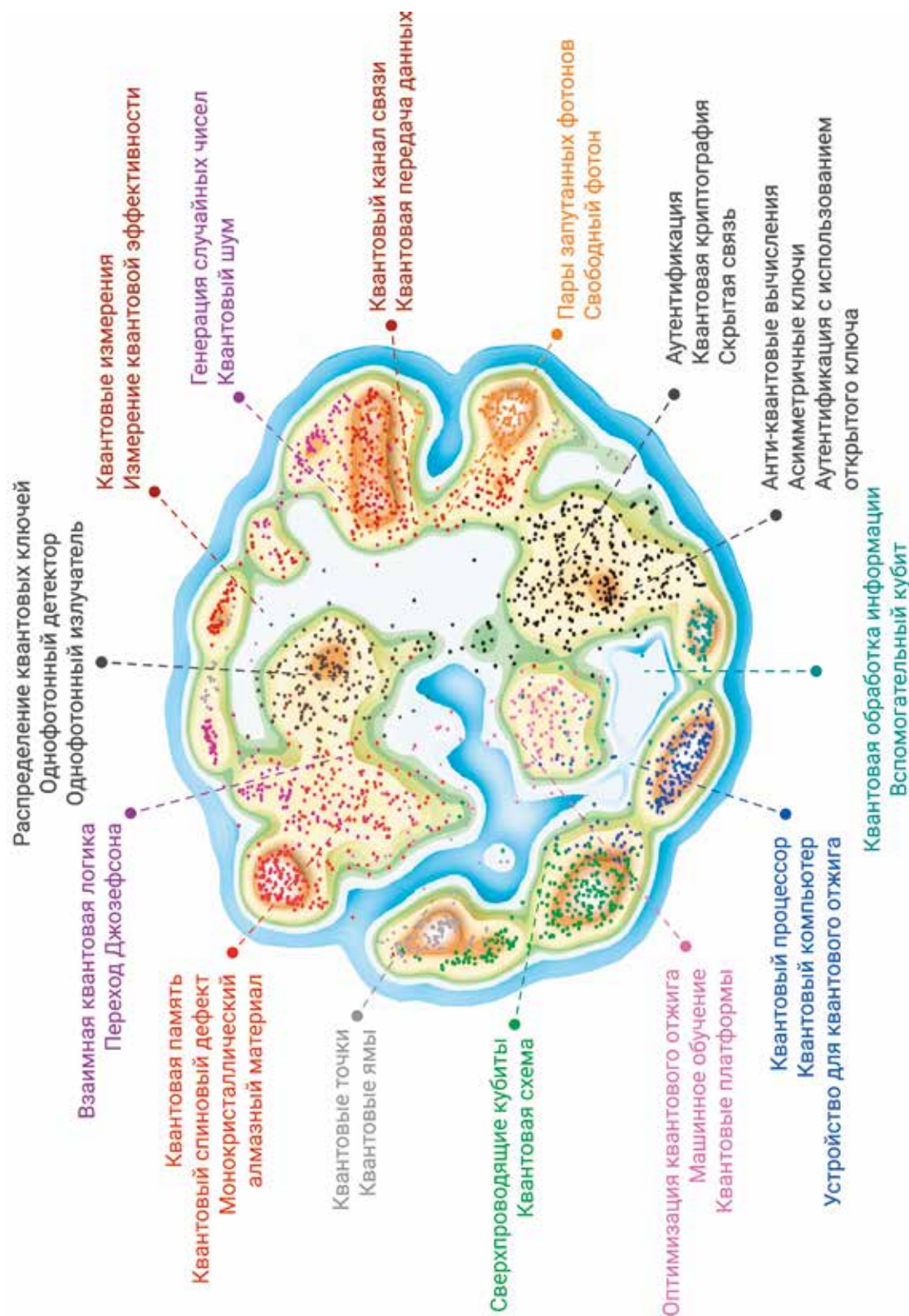
Отдельно стоит отметить, что области, в которых отмечается малое число документов (белые области с точками), могут являться платформой для разработки новых междисциплинарных решений. Эти патенты требуют дополнительного изучения и могут быть использованы для выделения самостоятельных технологических концептов, имеющих перспективы патентования (см. Приложение Д. Патенты белой зоны).

Динамика патентования технологических сегментов в 2009–2018 годах

Рисунок 34



Технологические сегменты



Тематическая карта распределения патентных документов

Рисунок 35

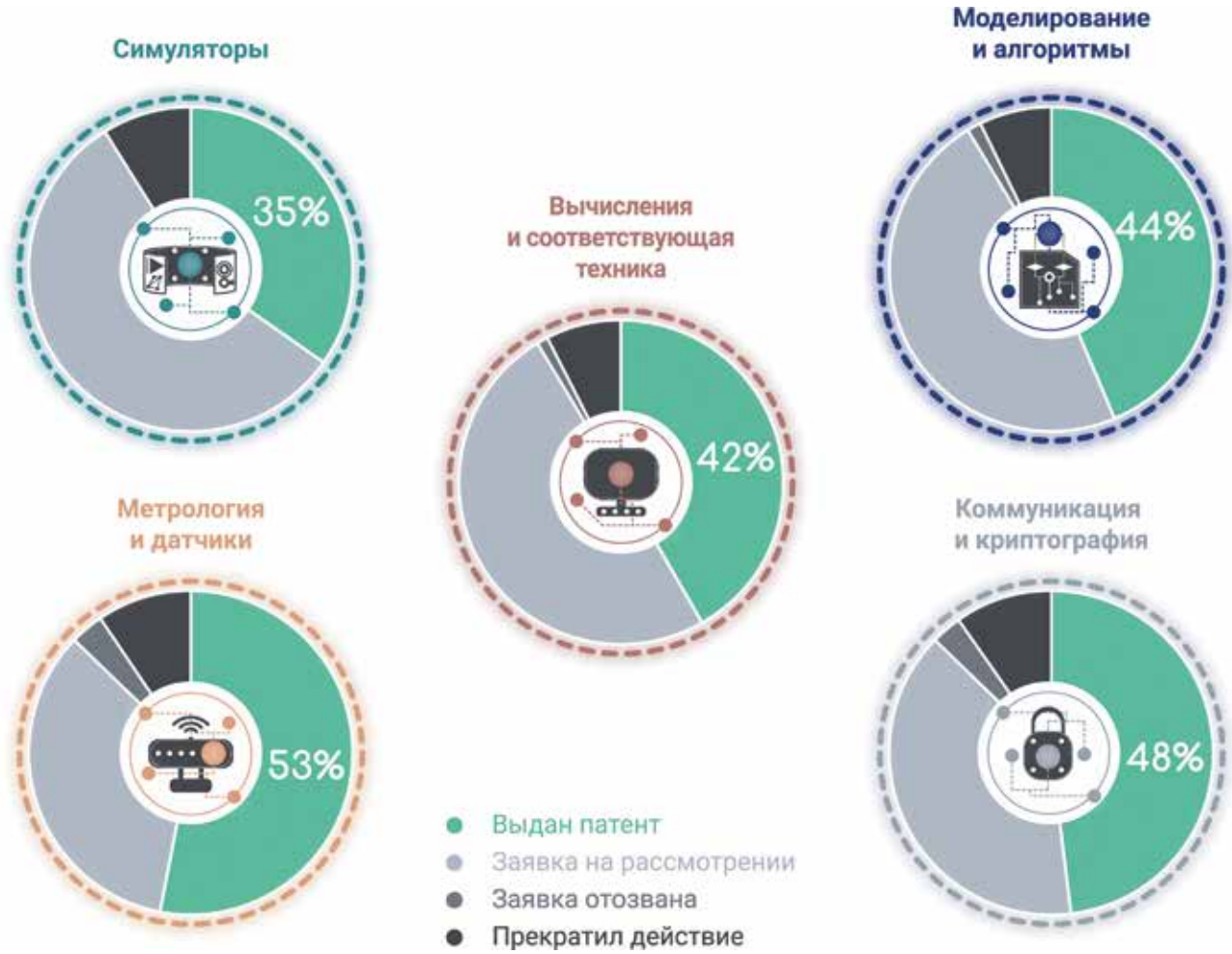
Анализ правовых статусов для технологических сегментов подтверждает активный фокус патентования по направлению «Симуляторы». Компании практически не сталкиваются с какими-либо трудностями при подаче заявки, поскольку область представлена небольшим количеством технических решений и мировой уровень техники еще недостаточно развит. Количество выданных действующих патентов, несмотря на короткую ретроспективу развития направлений, составляет 35%.

В других сегментах также отмечается низкий уровень количества отозванных заявок и большое число заявок на рассмотрении, что также подтверждает активное развитие технологических сегментов КОИКС. При этом сегменты «Вычисления и оборудование» и «Моделирование и алгоритмы» представлены доминированием показателя заявок на рассмотрении, что характеризует стадию прикладных исследований и поиска новых технических решений для уже существующих проблематик. В сегментах «Метрология и датчики» и «Коммуникация и криптография» отмечается наибольшая доля отозванных заявок и действующих патентов. Помимо технологических барьеров, к числу которых, прежде всего, относится недостаточное развитие технологии, это может свидетельствовать о нарастающем уровне конкуренции в области. Доля прекративших действие документов во всех сегментах одинаковая.

Географическое распределение стран-лидеров, которые вносят наибольший вклад в патентование по всем технологическим направлениям, представлен на рисунке 37. За основу карты для каждой страны взят показатель действующих семейств по каждому направлению, т.е. рассмотрен территориальный охват исключительно действующих патентных документов. Таким образом, можно выделить целевые рынки, на которых заявители в большей степени стараются защищать свои разработки. Это обуславливает, с одной стороны, целесообразность вывода сильных технических решений на эти рынки благодаря положительным перспективам коммерциализации. С другой стороны, активная позиция заявителей на определенных рынках позволяет расширить фокус международного патентования и занять нишу в менее конкурентной среде.

Рисунок 36

Правовые статусы коллекций по технологическим сегментам



Рынок США в наибольшей степени диверсифицирован

Наиболее активное патентование по всем направлениям наблюдается в США, Китае и Японии, что характеризует данные рынки как наиболее конкурентные. Предполагается, что коммерческий успех на этих рынках может быть получен только от разработок, которые имеют реальное применение за счёт улучшенных свойств и/или повышенной эффективности или кардинально новые технические решения, имеющие прорывной характер.

Территориальное распределение действующих патентов по технологическим сегментам

Рисунок 37



При этом наиболее интересным рынком для заявителей по объему охраны представляется США, поскольку на их территории действует множество специализированных и крупных транснациональных компаний, которые максимально диверсифицируют направления своих исследований. Одновременно с этим в Австралии также отмечается охрана по всем технологическим направлениям, что свидетельствует об активной научной деятельности в области квантовых технологий внутри страны. При этом основной фокус патентной охраны связан с квантовым моделированием и алгоритмами.

В США, Канаде и Австралии активно патентуются так называемые «software based patents»

В отдельном фокусе внимания рассматриваются такие страны как Корея и Канада. Патентное лидерство Кореи связано с высокой долей патентования в области метрологии и квантовых компьютеров. Канада является лидером по охране квантовых симуляторов.

Особо следует отметить превалирование современных методов квантового моделирования и алгоритмов, или так называемых «software based patents» в США, Канаде и Австралии. Целесообразно изучить опыт компаний-держателей таких патентов в двух аспектах:

- 1) выявить перспективные технические решения, которые могут быть использованы как базовые для дальнейшей проработки;
- 2) применить зарубежную практику патентования моделирования и алгоритмов для российских компаний, для эффективной защиты таких решений на российском и глобальном рынке.

Среди европейских стран лидерами патентования являются Великобритания, Германия и Франция, поскольку они чаще всего указываются заявителями при подаче международных заявок по процедуре РСТ или через ЕПВ. Великобритания имеет наибольшее число действующих патентов, связанных с областью квантовых коммуникаций и криптографии, Германия – в области квантовых вычислений, а Франция имеет равное число охраняемых документов в областях квантового моделирования, квантовых компьютеров и квантовой метрологии.

Следует отметить, что в упомянутых странах в последнее время интенсивно развиваются исследовательские и технологические центры по тематике КОИКС, а также наблюдается беспрецедентный рост финансирования.

Россия в наибольшей степени охраняет разработки, связанные с квантовой коммуникацией и квантовой метрологией. Также активным держателем технологий квантовой метрологии является Япония. Индия и Россия обладают контрастными компетенциями, что может являться предпосылкой для сотрудничества.

Отмечается, что охраняемые технические решения, заявки которых подавались по процедуре РСТ и через ЕПВ в приоритете относятся к областям квантовых компьютеров, вычисления, моде-

Индия и Россия имеют предпосылки для сотрудничества

лирования и алгоритмов. В целом все технологические сегменты представлены международными заявками. Однако, следует отметить, что активность патентования через ЕПВ в областях квантовой коммуникации, криптографии, метрологии и квантовых симуляторов значительно выше, чем через ВОИС. Это может быть связано с тем, что заявители видят Европу как основной сегмент международного рынка для своих разработок. Также многие компании активно патентуют свои разработки в качестве превентивной меры, которая ограничивает возможности конкурентов в соответствующих областях.

Анализ патентообладателей по технологическим сегментам показал, что многие крупные компании охватывают сразу несколько направлений исследований. Например, китайская компания Quantumctek находится в числе лидеров сразу в двух технологических сегментах: «Моделирование и алгоритмы» и «Коммуникации и криптография»; а японские Toshiba и Nippon Telegraph and Telephone – в сегментах «Метрология и датчики» и «Коммуникация и криптография». Компания Microsoft отмечается в лидерах четырех сегментов из пяти, в том числе в сегменте «Квантовая метрология и датчики», где не представлены другие ведущие американские компании. Одновременно с этим компании Google, Intel и IBM имеют патенты в основном в области вычислений, моделирования и соответствующей техники. Широкий спектр направлений деятельности характерен не только для компаний-лидеров технологических сегментов. Несколькими направлениями патентования характеризуются канадская компания 1QB Information Technologies (квантовые вычисления, квантовое моделирование и алгоритмы), швейцарская компания ID Quantique (квантовые алгоритмы, квантовая метрология, квантовая коммуникация и криптография), американская компания Rigetti (Квантовые симуляторы, квантовые вычисления и компьютеры, квантовое моделирование), американская компания Northrop Grumman (квантовые симуляторы, квантовое моделирование и алгоритмы, квантовые вычисления и компьютеры, квантовая метрология). Такое проникающее технологическое присутствие компаний может говорить о том, что прикладные исследования компаний имеют широкий профиль в рамках КОИКС.

Отдельно можно отметить лидирующие позиции китайских компаний в сегментах «Моделирование и алгоритмы» (Anhui Asku

Патенты по квантовой коммуникации и криптографии представляют больший интерес для заявителей на европейском рынке

Многие компании-лидеры представлены в нескольких технологических сегментах

Quantum Technology, Quantumctek, Ruban Quantum Technology, Alibaba Group), «Вычисления и оборудование» (Ruban Quantum Technology, Hefei Origin Quantum Calculating Technology), «Метрология и датчики» (Anhui Asky Quantum Technology), «Коммуникации и криптография» (Anhui Asky Quantum Technology, Quantumctek, Ruban Quantum Technology, Alibaba Group, Huawei).

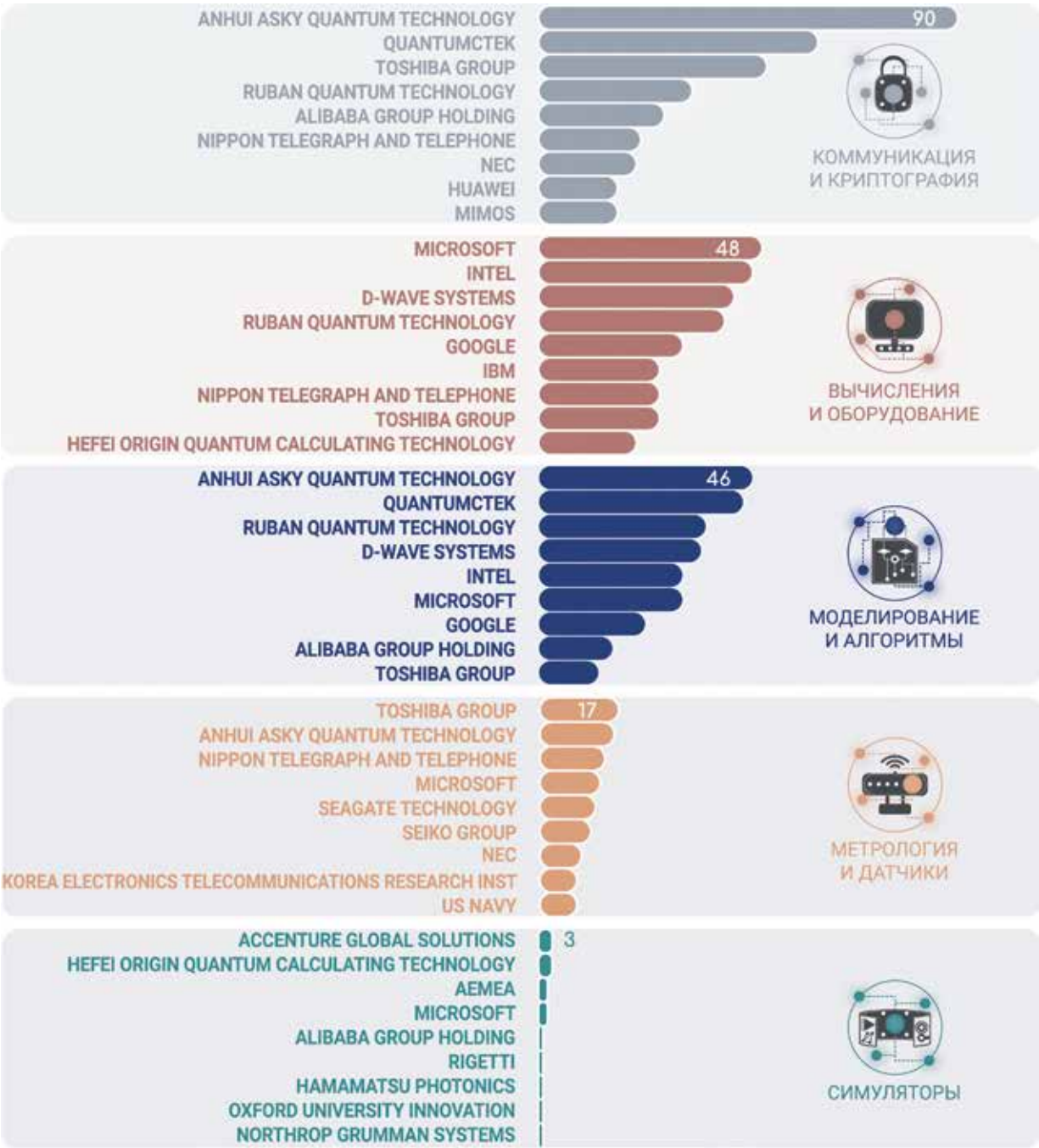


КОНСАЛТИНГОВЫЕ КОМПАНИИ ЗАНИМАЮТ НИШИ НА РЫНКЕ КВАНТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Accenture PLC (Ирландия) предоставляет обширные консалтинговые услуги для компаний в области квантовых вычислений. Компания запатентовала алгоритм на основе машинного обучения, определяющий какого рода компьютер (квантовый или обычный) подходит для решения конкретной научной задачи

Наиболее специфичным рынком представляются «Симуляторы», поскольку рейтинги компаний-лидеров в значительной степени обособлены от лидеров в других технологических сегментах. Наибольшее число семейств отмечается у ирландско-американской компании Accenture – консалтинговая компания, оказывающая услуги организациям по консультированию в сферах стратегического планирования, оптимизации и организации аутсорсинга бизнес-процессов, управления взаимоотношениями с клиентами, управления логистическими процессами, управления персоналом, внедрения информационных технологий, и у китайской Hefei Origin Quantum Calculating Technology. Основные патенты компании Accenture: CA2997970, EP3392808, CA2997984. Также в рейтинге присутствуют такие компании как Rigetti, Hamatsu Photonics, Oxford University Innovation и другие.

Рейтинг патентообладателей по технологическим сегментам

Рисунок 38



Оценка размера патентного портфеля является лишь одним показателем, который возможен при оценке лидирующих позиций. Не менее важным критерием выступает сила патентного портфеля. Она является индикатором качества патентов, которые принадлежат компаниям. При ее оценке важна не только технологическая составляющая разработки, но и различные стратегии, связанные с патентованием технических решений, их защитой.

Так факторами при оценке силы могут быть:

- случаи прямого патентного цитирования без учета самоцитирования;
- количество независимых пунктов формулы;
- территориальный охват;
- наличие РСТ-заявки;
- новизна по дате наиболее раннего приоритета;
- присутствие в заявителях компании-лидера;
- число уникальных классов МПК;
- наличие действующего патента в семействе и другие.

Каждому из показателей экспертным способом присвоен весовой коэффициент. Эти коэффициенты оказывают воздействие на конечный показатель силы патентного портфеля и могут быть скорректированы для каждой конкретной области. Компании ранжированы по сумме силы патентных портфелей во всех рассматриваемых технологических сегментах.

Лидерами по силе патентных портфелей являются компании Google и Intel. При этом размер патентного портфеля Intel превосходит патентный портфель Google, а сила несколько уступает. Это может быть связано с тем, что компания Google имеет больший спектр территориального распространения, а также большее число уникальных классов МПК, которые относятся к разным тематическим областям и реализованы в технических решениях, которые относятся к четырем из пяти сегментов.

В лидерах рейтинга также присутствует китайская компания Alibaba Group, которая имеет территориальное распространение не меньше, чем у Google. Технические решения компании представлены во всех сегментах, что позволяет сделать вывод о том,

Google является лидером по силе патентных портфелей в области КОИКС за счет широкого территориального распространения

что она стремится к максимальному технологическому охвату разработок в этой области. Наибольшей силой обладает ее портфель патентов по квантовой коммуникации и криптографии, что может свидетельствовать о повышенном интересе именно в этой области.

Большое число цитирований технических решений компании D-Wave Systems, а также ее техническая специализация в области квантовых вычислений, моделирования и алгоритмов позволяет ей занимать лидирующие позиции по силе патентного портфеля.

Отдельно стоит отметить компанию Microsoft, которая имеет большие портфели патентов в сегментах «Моделирование и алгоритмы» и «Вычисления и оборудование», однако более ценными в рассматриваемых сегментах представляются ее более маленькие портфели в области квантовых симуляторов и квантовой метрологии.

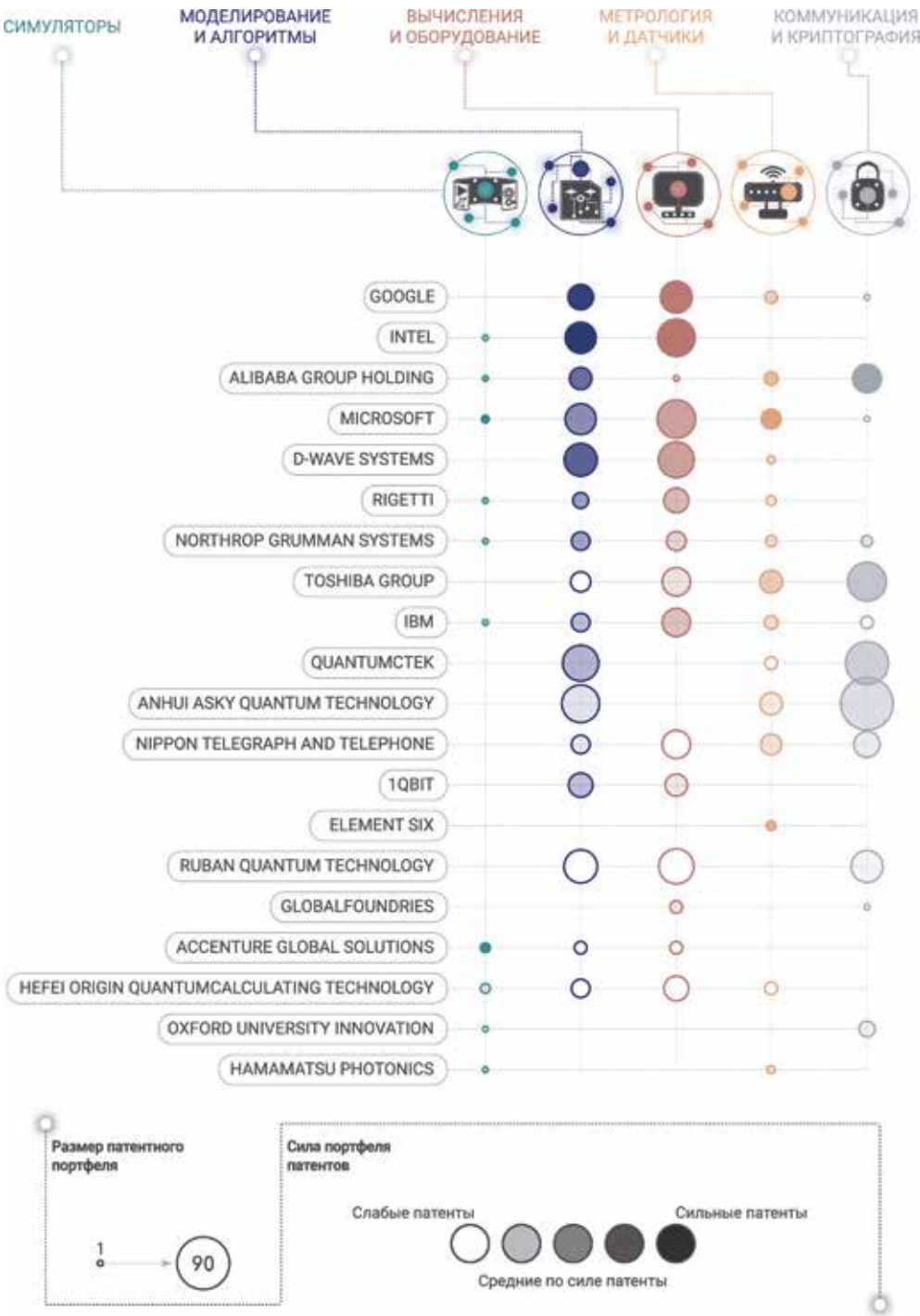
Анализ силы патентных портфелей патентообладателей по технологическим сегментам позволил также выявить те компании, технические решения которых представляют наибольшую ценность в рамках каждого отдельного сегмента.

Наиболее ценные патенты в сегменте «Симуляторы» отмечают у лидера по числу разработок – консалтинговой компании Accenture. Вероятно, консалтинговые компании находят в этих разработках возможности для эффективной реализации своих услуг через новейшие технологические продукты. Таким образом, происходит расширение областей применения технических решений КОИКС. Несмотря на большое число представленных компаний в сегменте, их портфели патентов имеют небольшие размеры. Это свидетельствует о том, что сегмент представляет интерес для ведущих компаний. Наиболее ценные патенты в сегменте «Моделирование и алгоритмы» отмечают у компаний Intel и Google. Данный сегмент включает в себя наибольшее число компаний-разработчиков. При этом наибольшим размером патентного портфеля обладают китайские компании Anhui Asky Quantum Technology и Quantumctek, сила патентного портфеля которых значительно ниже. Такая ситуация может быть связана с тем, что китайские компании редко имеют широкий территориальный охват, а основные разработки сконцентрированы на национальном рынке. Аналогичная ситуация отмечается у компаний Ruban Quantum Technology и Hefei Origin Quantum Calculating Technology.

Microsoft имеет сильные патентные портфели в области квантовых симуляторов и метрологии

Рисунок 39

Распределение патентообладателей по силе патентного портфеля



Помимо компании Microsoft в сегменте «Метрология и датчики» сильные технологические позиции выявлены у британской компании Element Six, которая не представлена в других сегментах, что характеризует ее как узкоспециализированную компанию. Размеры патентных портфелей компаний в этом сегменте меньше, чем в трех других. Это свидетельствует о том, что квантовая метрология не является в настоящее время фокусом внимания крупных компаний, а ее коммерческое применение четко не сформулировано.

Лидером в сегменте «Коммуникации и криптография» является Alibaba Group. При этом японские компании значительно отстают по данному показателю, даже несмотря на большую ретроспективу разработок. Toshiba имеет наибольшую силу патентного портфеля из всех японских компаний в этом сегменте. Наибольшим портфелем патентов в этой области обладает китайская компания Anhui Asky Quantum Technology, сила которого сопоставима с силой портфеля компании Quantumctek и Nippon Telegraph and Telephone, но значительно уступает компаниям Toshiba и Alibaba Group.

Ведущие компании в области КОИКС были распределены по среднему сроку поддержания патентов в силе в их патентных портфелях. Такое распределение позволяет выявить жизненный цикл производимых компаниями инноваций, оценить их позиции на рынке технологий, а также заинтересованность в охране своих разработок.

Наибольший срок поддержания патентов в силе наблюдается у японских компаний Nippon Telegraph and Telephone (5 лет) и Toshiba (4 года). Учитывая высокие показатели цитирования данных компаний, можно сделать вывод о том, что их разработки имеют наибольшую ретроспективу и представляют ценность в качестве базового пула технологий в области квантовой коммуникации и криптографии. Наиболее цитируемые патенты этих компаний:

- Toshiba – US20100251049; GB201000303;
- Nippon Telegraph and Telephone – WO201298911; JP2014215985.

Патенты американских компаний D-Wave Systems, Microsoft, Northrop Grumman и китайской Anhui Asky Quantum Technology

Разработки японских компаний имеют наибольшую ретроспективу поддержания патентов в силе

имеют среднюю продолжительность действия патентов – 3 года. Такой срок характерен для семейств, которые только выходят на рынок технологий. При этом отмечается, что у американских компаний число семейств в патентном портфеле ниже, чем у китайской компании, что свидетельствует об активной фазе патентования, которая обеспечивает китайскую компанию новыми техническими решениями. Одновременно с этим, компания Anhui Asky Quantum Technology имеет наибольшее число недействующих семейств, что говорит о том, что компания придерживается стратегии закрытия национального рынка, подавая заявки на выдачу патента, а затем не поддерживает их.

Отмечается, что наибольшее число семейств в патентном портфеле принадлежит американской компании Intel. При этом средний срок поддержания патентов в силе составляет 1 год. Такая ситуация свидетельствует о том, что в большинстве семейств ведется делопроизводство по заявкам. Компания является новым игроком на рынке КОИКС и не имеет патентов, у которых истек срок действия.

Компании Quantumctek, Google, IBM и Alibaba Group имеют как выданные патенты, так и заявки на рассмотрении. Средний срок поддержания патентов в силе до двух лет, а средний размер патентного портфеля около 60 семейств. Эта группа компаний также активно патентует свои разработки, часть из которых может быть уже оформлена в качестве патентов и применяться на рынке.

Технологические сегменты также были распределены по наибольшей концентрации в технологических областях ВОИС (аналог гексагональной карты, выполненной в разделе «Рынки и области применения»). На гексагональных картах разными цветами обозначены технологические сегменты, а разной интенсивностью заливки обозначено число патентных документов.

Компания Intel является новым игроком на рынке КОИКС

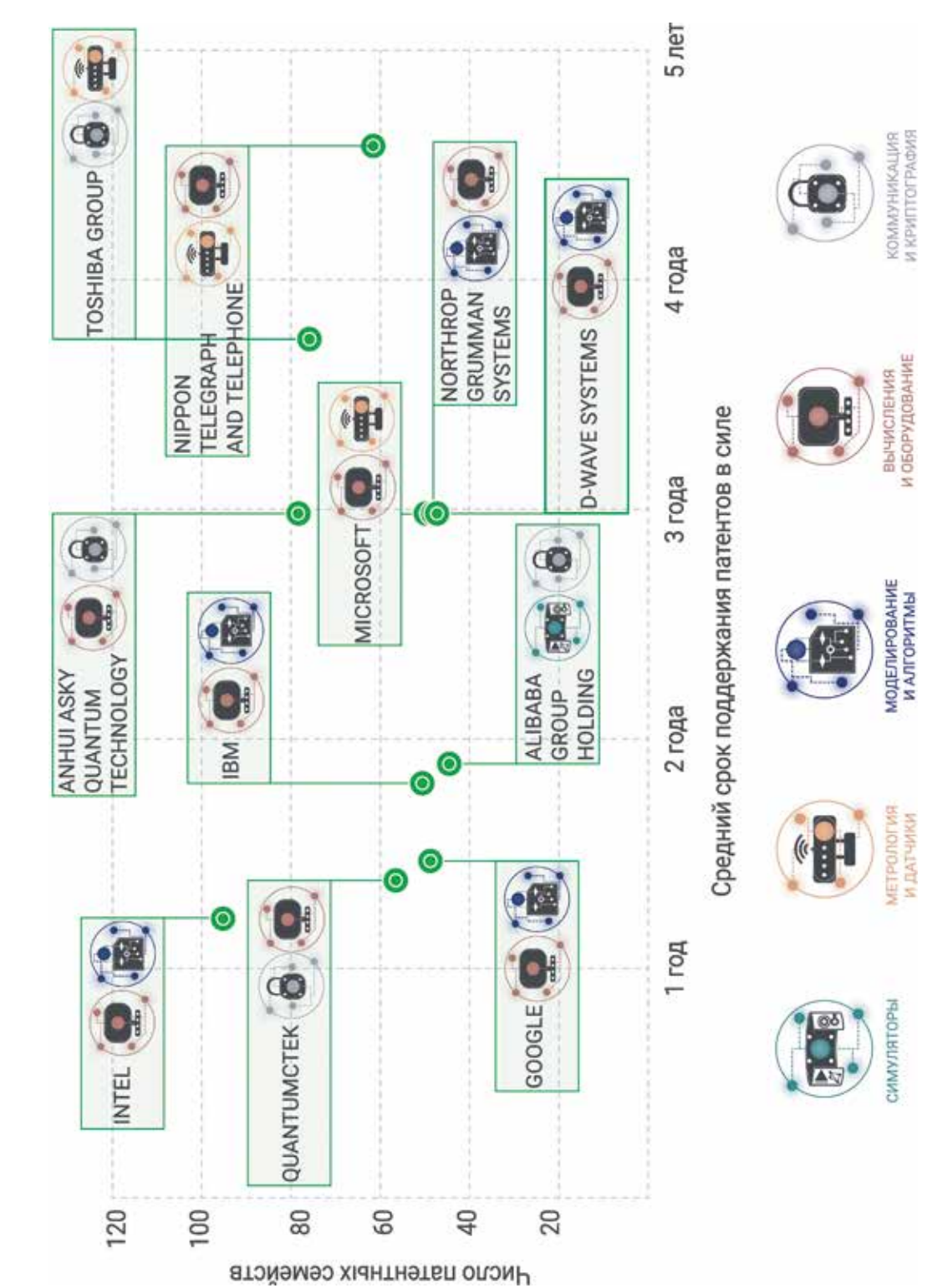


Рисунок 40

Средний срок поддержания патентов в силе у ведущих компаний

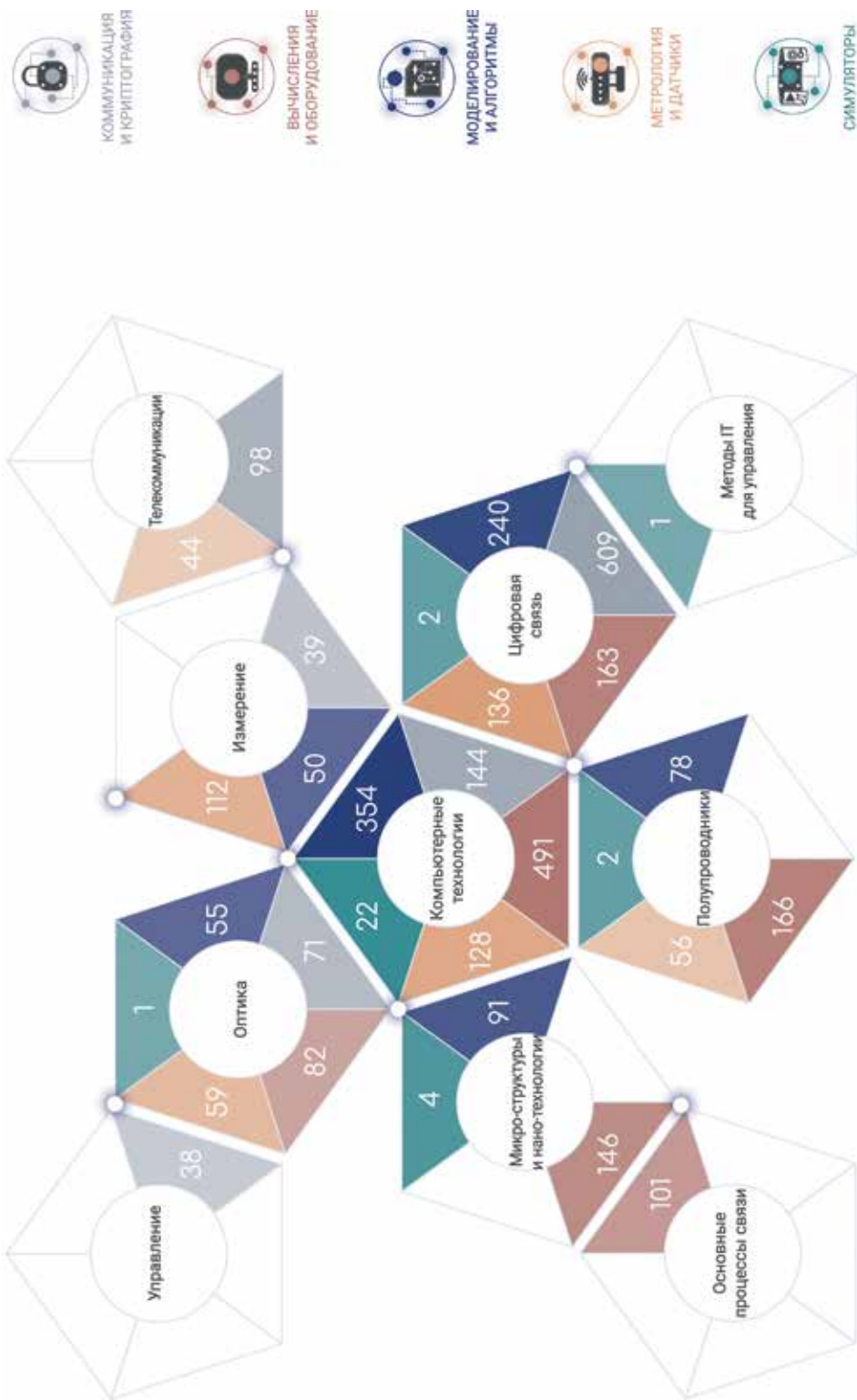


Рисунок 41

Распределение технологических сегментов по технологическим областям ВОИС

Наибольшая концентрация технических решений всех сегментов отмечается в областях «Компьютерные технологии» и «Цифровая связь», что является закономерным для области КОИКС. Также все сегменты с несколько меньшей интенсивностью представлены в области «Оптика». Отдельно отмечаются области, в которых представлены не все сегменты. Так «Измерение» характерно для технологических сегментов «Квантовое моделирование и алгоритмы», «Квантовая метрология и датчики» и «Квантовая коммуникация и криптография», «Микроструктуры и нано-технологии» получили отражение в патентах по квантовым симуляторам, алгоритмам и вычислениям, «Полупроводники» отмечены во всех сегментах, кроме квантовой коммуникации и криптографии.

Для некоторых технологических сегментов характерны определенные технологические области ВОИС, в которых другие сегменты мало представлены. Так для квантовых симуляторов отмечается применение в области «Методы ИТ управления», для коммуникации и криптографии характерны патенты в области «Управление», а для квантовых вычислений и соответствующей техники – в области «Основные процессы связи».

Такое распределение технологических сегментов по областям говорит о том, что в области КОИКС ярко выражен устоявшийся круг применения технических решений. При этом широкий тематический охват достигается небольшим числом семейств по каждому сегменту, применения которых недостаточно диверсифицировано.

У всех технологических сегментов схожий круг применения технических решений

О ПРОЕКТНОМ ОФИСЕ ФИПС

Проектный офис ФИПС (#ПроектныйОфисФИПС) осуществляет технологический и бизнес-консалтинг на базе патентной аналитики для широких областей применения на государственном и корпоративном уровнях: выбор технологических направлений для инвестирования, патентная технологическая разведка, анализ перспективности НИОКР, оценка конкурентоспособности российских технологий, поддержка вывода российской продукции на глобальные рынки, анализ и оценка крупных портфелей патентов.

Уникальным преимуществом исследований является привлечение высококвалифицированных специалистов ФИПС в области экспертизы патентных заявок и патентов. Анализ выполняется по всей публикуемой в мире патентной информации с использованием широкого набора российских и зарубежных систем патентной аналитики.

Продукты и услуги патентной аналитики проектного офиса ФИПС применяются крупными и средними российскими компаниями как на стратегическом уровне, так и на уровне операционной деятельности.

Подходы проектного офиса ФИПС к углубленному отраслевому анализу на основе патентных данных признаны в мире. Всемирная организация интеллектуальной собственности – ВОИС присвоила проектному офису ФИПС статус «Преквалифицированный провайдер патентной аналитики уровня ВОИС» и включила в закрытый реестр поставщиков сервисов патентной аналитики, обеспечивая возможность участия в тендерах ВОИС.

<http://new.fips.ru/patent-analytics>

АВТОРСКАЯ ГРУППА ПРОЕКТНОГО ОФИСА ФИПС

**Федеральный институт
промышленной собственности**



ЗВЯГИНА Мария



МЮЛЛЕР Юлия



ПОПОВ Николай



СЕРДЮК Алена

О КОМПАНИИ ПАО «РОСТЕЛЕКОМ»

ПАО «Ростелеком» – крупнейший в России провайдер цифровых услуг и решений, который присутствует во всех сегментах рынка и охватывает миллионы домохозяйств, государственных и частных организаций.

«Ростелеком» занимает лидирующие позиции на рынке услуг высокоскоростного доступа в интернет и платного телевидения. Услугами ШПД пользуется свыше 13,0 млн абонентов, платного ТВ – 10,2 млн, из них свыше 5,4 млн подключено к услуге «Интерактивное ТВ».

ПАО «Ростелеком» уже два года участвует в развитии принципиально новых систем защиты информации нового поколения на основе технологий квантовых коммуникаций. В июне 2019 года в России начал работу первый сервис по квантовому распределению ключей в рамках облачной инфраструктуры ЦОД г. Москвы. В июне 2019 года в г. Санкт-Петербурге в рамках Петербургского международного экономического форума Ростелеком представил опытную сеть квантового распределения ключей, построенную на оборудовании отечественных производителей: Университета ИТМО, «Российского квантового центра», Т8, «С-Терра», СПб с использованием отечественного шифрования. В дальнейшем «Ростелеком» предполагает создать многоузловые сети передачи данных с квантовой защитой. В 2019 году компания приступила к реализации проекта создания сети квантового распределения ключей между центрами обработки данных (ЦОД) М9 и М10 в г. Москве и ЦОД в г. Удомля Тверской области. На основе многоузловой сети будет организован широкий набор сервисов для коммерческих компаний и государственных организаций



Выручка группы компаний за I полугодие 2019 г. составила 158,8 млрд руб., OIBDA достигла 53,5 млрд руб. (33,7% от выручки), чистая прибыль – 10,0 млрд руб.

«Ростелеком» является лидером рынка телекоммуникационных услуг для органов государственной власти России и корпоративных пользователей всех уровней.

Компания – признанный технологический лидер в инновационных решениях в области электронного правительства, кибербезопасности, дата-центров и облачных вычислений, здравоохранения, образования, жилищно-коммунальных услуг.

Стабильное финансовое положение компании подтверждается кредитными рейтингами: агентства Fitch Ratings на уровне «BBB-», агентства Standard & Poor's на уровне «BB+», а также агентства АКРА на уровне «AA(RU)».



КРАСОВСКИЙ
Павел Сергеевич

Заместитель директора, Центр стратегических инноваций



ХУСНУТДИНОВА
Земфира Рустэмовна

Эксперт, Центр стратегических инноваций

ОБ ИНСТИТУТЕ РАЗВИТИЯ «ИННОПРАКТИКА»

«Иннопрактика» – негосударственный институт развития, миссией которого является содействие росту национального человеческого капитала России путем формирования благоприятных условий для создания новых технологий и продуктов. Компания выступает медиатором между представителями науки, бизнеса и власти: выстраивая коммуникации, мы выявляем и анализируем потребности бизнеса в инновациях и предлагаем эффективные решения.



ОДИНОВ
Алексей Васильевич

Руководитель Департамента
по управлению
интеллектуальной
собственностью



АСТАХОВ
Сергей Владимирович

Директор
по коммерциализации
технологий
Центр квантовых
технологий МГУ

ОБ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЕ



БАУМАН
Дмитрий Андреевич

Заведующий Лабораторией
сборочных технологий
фотоники ИТМО

Организация: Университет ИТМО

Университет включает в себя 19 факультетов (среди которых два института и одна академия), 7 научно-исследовательских институтов, порядка 110 кафедр. В университете работает около 1200 преподавателей, среди которых докторов и кандидатов наук более 800. За время существования вуза многие работники и преподаватели удостоены званий лауреатов государственных премий, признаны заслуженными деятелями науки. Научные приоритеты университета – информационные и фотонные технологии.



КУЛИК
Сергей Павлович

Профессор,
научный руководитель
Центра квантовых технологий
физического факультета МГУ
имени М.В. Ломоносова

Организация: Центр квантовых технологий МГУ имени М.В. Ломоносова

Создан в 2018 году в рамках Национальной Технологической Инициативы. Деятельность центра направлена на развитие научных направлений в сфере квантовых технологий, разработку соответствующих образовательных программ и создание связей с промышленными партнерами для последующей коммерциализации разработок в области квантовых технологий. В рамках центра ведутся исследования в области волоконной и атмосферной квантовой криптографии, квантовых вычислений на основе нейтральных атомов и фотонный чипов, квантовой оптики, нанофотоники и нелинейной оптики и криоэлектронике.



ФАСТОВЕЦ
Дмитрий Владиславович
 Младший научный сотрудник

Организация: ФТИАН им. К.А. Валиева РАН – институт Отделения нанотехнологий и информационных технологий Российской академии наук. Одно из основных направлений научной деятельности института – квантовые информационные технологии. Исследования в данной области проводятся лабораторией Физики Квантовых Компьютеров, организованной К.А. Валиевым в 1998 году, а также другими подразделениями института. Сотрудники института разрабатывают различные модели квантовых компьютеров и современные методы квантовой томографии, изучают динамику открытых квантовых систем и исследуют эффективность различных квантовых алгоритмов. Результаты исследований публикуются в международных научных журналах и представляются на международных конференциях.



ФЕДОРОВ
Алексей Константинович
 Руководитель группы
 «Квантовые информационные технологии»

Организация: Российский квантовый центр (www.rqc.ru) – частный научно-исследовательский центр, занимающийся фундаментальными и прикладными исследованиями, а также коммерциализацией новых технологий и устройств, основанных на использовании квантовых эффектов. В центре функционирует 10 научных групп под руководством ведущих специалистов в области квантовых технологий, 8 современных лабораторий и 6 коммерческих спин-офф проектов. Специалисты центра разрабатывают сверхчувствительные сенсоры, оптические микрорезонаторы, методы моделирования сложных квантовых систем, элементы квантовых компьютеров (кубиты), а также системы квантовой криптографии и др.

ДИСКЛЕЙМЕР

Федеральный институт промышленной собственности, ПАО «Ростелеком» и негосударственный институт развития «Иннопрактика» публикуют настоящий отчет исключительно в информационных целях. Отчет не предназначен для каких-либо юридических действий или инвестиционных целей. Представленные в отчете материалы собраны из надежных источников, однако авторы не гарантируют 100% точность и полноту информации.

Использование материалов отчета, включая тексты и иллюстрации, разрешается на условиях лицензии Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International Public License.



ПРИЛОЖЕНИЕ А.
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Patent Cooperation Treaty (Договор о патентной кооперации)	Международный договор в области патентного права, заключён в 1970 году. Предназначен для того, чтобы «упростить и сделать более экономичным получение охраны изобретений, когда такая охрана требуется в нескольких странах»
Адиабатическое квантовое вычисление	Один из подходов к построению квантовых вычислений, основанный на адиабатической теореме, и близкий к квантовому отжигу. Идея метода заключается в рассмотрении гамильтониана сложной задачи, как гамильтониан некоторой более простой задачи плюс некоторая добавка, которая в процессе эволюции квантовой системы приводит к гамильтониану исходной задачи. Интерес представляет основное состояние системы. Адиабатическая теорема гарантирует, что при достаточно медленной эволюции система будет оставаться в основном состоянии
Аналитическое представление	Любая форма отображения патентной информации в различных разрезах (временном, территориальном, тематическом и т.д.). В качестве аналитических представлений могут быть использованы разнообразные формы визуализации (2-мерная, 3-мерная) представленные в виде: графиков (линейный график, график плотности), диаграмм (круговая диаграмма, радиальная диаграмма, диаграмма Санкея), кластерных и тепловых карт
Всемирная организация интеллектуальной собственности (ВОИС)	Международная организация, занимающаяся администрированием ряда ключевых международных конвенций в области интеллектуальной собственности

Европейское патентное ведомство	Исполнительный орган Европейской патентной организации. Сотрудниками ЕПВ выполняется рассмотрение европейских заявок на патенты и принимаются решения о выдаче патентов на изобретения. ЕПВ реализует процедуры, предусмотренные Европейской патентной конвенцией
Индекс международной патентной классификации	Буквенно-символьное выражение структурной единицы международной патентной классификации
Квантовое распределение ключей	Метод передачи ключа, который использует квантовые явления для гарантии безопасной связи. Этот метод позволяет двум сторонам, соединенным по открытому каналу связи, создать общий случайный ключ, который известен только им, и использовать его для шифрования и расшифрования сообщений
Квантовые гейты	Базовые элементы квантового компьютера, преобразующие входные квантовые состояния в выходные, являются прямыми аналогами преобразований классической логики, переводящими набор входных битов в набор выходных – (AND, OR, XOR и т.д.)
Квантовый отжиг	Подобно классическому отжигу, при медленном включении межчастичного взаимодействия квантовая система «ищет» энергетически наиболее выгодную конфигурацию посредством эффектов квантовой механики. Квантовые вычисления на основе квантового отжига позволяют решать определенные проблемы, которые затруднительно решать с использованием классических компьютеров
Коллекция патентных документов	Набор патентных документов, сформированный при помощи поисковых запросов

Кубит	Квантовый разряд или наименьший элемент для хранения информации в квантовом компьютере
Международная патентная классификация	Иерархическая система патентной классификации. МПК является средством для единообразной классификации патентных документов в международном масштабе. Создана в соответствии со Страсбургским соглашением в 1971 г. Административные функции Соглашения выполняет Всемирная организация интеллектуальной собственности. Обновляется на регулярной основе
Модель предметной области	Структурное представление области исследований приоритетного технологического направления – наиболее значимые области патентования технологий и продукции. Модель представляет собой систему оснований. Каждое основание содержит набор элементов, характеризующих данное основание. При разработке патентного ландшафта формирование поисковой стратегии и технический анализ области исследований выполняются в контексте каждого технологического сегмента
Патентная аналитика	Совокупность методов, техник, инструментов и измерений, позволяющих исследовать направления научно-технологического развития, на основе патентной информации
Патентное семейство Патентный ландшафт	Совокупность патентных публикаций, относящихся к одному изобретению, связанных общим(и) приоритетом(ами) Углубленное исследование инновационной продукции, перспективных технологий, направлений исследований и разработок в сопоставлении с ведущими российскими и зарубежными разработками

	на протяжении длительного периода времени, выполняемое на основе патентных данных в привязке к технологическим приоритетам компании (корпорации, сектора экономики)
Предметная область	Тематика разработки патентного ландшафта, определяемая Заказчиком
Технологический сегмент	Часть предметной области, выделенная из общей коллекции с целью отдельного рассмотрения и анализа. Для каждого технологического сегмента, проводится поиск на основе уточняющих запросов, формируется уточняющая патентная коллекция, аналитические представления и их интерпретации
Факторизация	Представление объекта в виде произведения других объектов
Электронный спиновой резонанс	Метод электронного парамагнитного резонанса, является основным методом для изучения парамагнитных частиц. К парамагнитным частицам, имеющим важное биологическое значение, относятся два основных типа – свободные радикалы и комплексы металлов переменной валентности (таких как Fe, Cu, Co, Ni, Mn)
Ядерный магнитный резонанс	Резонансное поглощение или излучение электромагнитной энергии веществом, содержащим ядра с ненулевым спином во внешнем магнитном поле, на частоте ν (называемой частотой ЯМР), обусловленное переориентацией магнитных моментов ядер

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СОКРАЩЕНИЯ

РСТ	Patent Cooperation Treaty
ВОИС	Всемирная организация интеллектуальной собственности
ЕПВ	Европейское патентное ведомство
ИПС	Информационно-поисковая система
КК	Квантовые коммуникации
ККС	Конфигурирование компонентов системы
КОИКС	Квантовая обработка информации, квантовая связь
КС	Квантовые состояния
МПК	Международная патентная классификация
ПИР	Программы инновационного развития
ФИПС	Федеральный институт промышленной собственности

ПРИЛОЖЕНИЕ В. СПИСОК ДВУХБУКВЕННЫХ КОДОВ СТРАН

AU	Австралия
CA	Канада
CN	Китай
DE	Германия
EP	ЕПВ
GB	Великобритания
IN	Индия
JP	Япония
KR	Южная Корея
MY	Малайзия
RU	Российская Федерация
SG	Сингапур
TW	Тайвань
US	США
WO	ВОИС

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕМЕЙСТВ ПО РУБРИКАМ МПК

Подклассы МПК	Описание	Число патентных семейств	Процентное соотношение
H04L	Передача цифровой информации	614	35%
G06N	Компьютерные системы, основанные на специфических вычислительных моделях	315	18%
H01L	Полупроводниковые приборы; электрические приборы на твердом теле, не отнесенные к другим классам или подклассам	240	14%
G06F	Обработка цифровых данных с помощью электрических устройств	219	12%
H04B	Передача сигналов	127	7%
G02F	Приборы или устройства для управления интенсивностью, цветом, фазой, поляризацией или направлением света, оптические функции которых изменяются при изменении оптических свойств среды в этих приборах или устройствах например для переключения, стробирования, модуляции или демодуляции; оборудование или технологические процессы для этих целей; преобразование частоты; нелинейная оптика; оптические логические элементы; оптические аналого-цифровые преобразователи	79	4%
H03K	Импульсная техника	53	3%
G01N	Исследование или анализ материалов путем определения их химических или физических свойств	48	3%
G02B	Оптические элементы, системы или приборы	36	2%
H01S	Устройства, использующие процесс усиления света путем стимулированного излучения (лазера), чтобы усилить или генерировать свет; устройства, использующие стимулированное излучение электромагнитных волн в ином диапазоне, чем оптический	33	2%
Группы МПК	Описание	Число патентных семейств	Процентное соотношение
H04L-009	Устройства для секретной или скрытой связи	558	32%
G06N-099	Тематика, не предусмотренная в других группах данного подкласса	249	14%
H04B-010	Передающие системы, использующие электромагнитные волны иные, чем радиоволны, например видимый свет, инфракрасный или ультрафиолетовый свет, или использующие корпускулярное излучение, например, квантовую связь	121	7%
H01L-029	Полупроводниковые приборы, специально предназначенные для выпрямления, усиления, генерирования или переключения и имеющие по меньшей мере один потенциальный барьер, на котором имеет место скачкообразное изменение потенциала, или поверхностный барьер; конденсаторы или резисторы, содержащие по меньшей мере один потенциальный барьер, на котором имеет место скачкообразное изменение потенциала, или поверхностный барьер, например имеющие обедненный слой с электронно-дырочным переходом или слой с повышенной концентрацией носителей; конструктивные элементы полупроводниковых подложек или электродов для них	89	5%

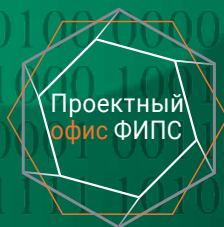
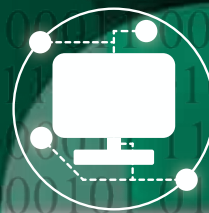
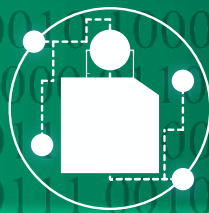
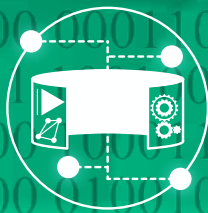
H01L-039	Приборы с использованием сверхпроводимости; способы или устройства, специально предназначенные для изготовления или обработки таких приборов или их частей	76	4%
G06F-007	Способы и устройства для обработки данных с воздействием на порядок их расположения или на содержание обрабатываемых данных	73	4%
G06F-017	Оборудование или способы обработки данных или цифровых вычислений, специально предназначенные для особых функций	65	4%
G02F-001	Устройства или приспособления для управления интенсивностью, цветом, фазой, поляризацией или направлением света, исходящего от независимого источника, например для переключения, стробирования или модуляции; нелинейная оптика	48	3%
H03K-019	Логические схемы, т.е. устройства, имеющие не менее двух входов, работающих на один выход; инверторные схемы	43	2%
H04L-029	Устройства, установки, цепи или системы, не отнесенные ни к одной из групп 1/00 - 27/00	41	2%
Другие		378	22%
Подгруппы МПК	Описание	Число патентных семейств	Процентное соотношение
H04L-009/08	Устройства для секретной или скрытой связи с ключевым распределением	376	28%
G06N-099/00	Тематика, не предусмотренная в других группах данного подкласса	249	19%
H04L-009/12	Устройства для секретной или скрытой связи передающие или приемные шифровальные устройства, синхронизируемые или устанавливаемые в начальное положение особым образом	100	8%
H04B-010/70	Передающие системы, использующие электромагнитные волны иные, чем радиоволны, например видимый свет, инфракрасный или ультрафиолетовый свет, или использующие корпускулярное излучение, например, квантовую связь; фотонная квантовая связь	58	4%
G06F-007/58	Способы и устройства для обработки данных с воздействием на порядок их расположения или на содержание обрабатываемых данных (логические схемы H 03K 19/00) генераторы случайных или псевдослучайных чисел	55	4%
H03K-019/195	Логические схемы, т.е. устройства, имеющие не менее двух входов, работающих на один выход	41	3%
H04L-029/06	Устройства, установки, цепи или системы, не отнесенные ни к одной из групп 1/00 - 27/00 управление передачей данных; обработка данных, поступающих с линий связи	38	3%
G06N-010/00	Квантовые компьютеры, т.е. компьютерные системы основанные на квантово-механическом феномена	37	3%
H01L-039/22	Приборы с использованием сверхпроводимости; способы или устройства, специально предназначенные для изготовления или обработки таких приборов или их частей	36	3%
H04L-009/32	Устройства для секретной или скрытой связи со средствами для установления личности или полномочий пользователя системы	32	2%
Другие		308	23%

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. ПАТЕНТЫ БЕЛОЙ ЗОНЫ

Номер базовой публикации	Дата приоритета	Название	Патентообладатель	Страна патентообладателя
US20190141016	2017-10-17	Classical implementation of quantum entanglement in datacenter network design	Paul L. Borrill	США
WO2019/057628	2017-09-19	Mode coupling receiver for quantum communications and quantum communication system comprising said receiver	British Telecomm (BT Group)	Великобритания
KR10-1924100	2017-05-23	Method and device of performing quantum key distribution QKD among plurality of devices	Kyung Hee University	Южная Корея
WO2019/020177	2017-07-26	Privacy amplification for quantum key distribution secret sharing	Innogy Innovation (RWE Group)	Германия
EP3432509	2017-07-21	Quantum enhanced application security	ID Quantique (SK Group)	Швейцария
CN108737083	2017-04-24	Quantum key distribution system and method, and device	Huawei	Китай
US20180276994	2017-03-22	Quantum computing improvements to transportation	Accenture Global Solutions	США
US20180260730	2017-03-10	Modular control in a quantum computing system	Rigetti	США
FR3062899	2017-02-10	Device and method for managing the temperature of a stirling engine has a quantum detector adapted to infrared	Noxant	Франция
US20180013556	2016-07-06	System, apparatus and method for encrypting overlay networks using quantum key distribution	Teloip	США
US20170206461	2016-01-15	System and method for quantum computation using symmetrical charge qubits	University of Wisconsin, Wisconsin Alumni Research Foundation	США

* Wisconsin Alumni Research Foundation - независимая некоммерческая организация по передаче технологий

KR20170062379	2015-11-27	Communication apparatus and communication method for continuously quantum key distribution	Korea Institute of Science & Technology	Южная Корея
GB201702714	2016-08-19	Communication device, communication method, and communication system	Toshiba	Япония
US09530873	2013-01-28	Semiconductor adiabatic qubits	National Technology & Engineering Solutions of Sandia (Honeywell)	США
* Одна из шестнадцати национальных лабораторий Министерства энергетики США				
CN105490752	2015-12-10	Single-fiber quantum key distribution system classic signal driving and detection and discrimination system and method	Anhui Asky Quantum Technology	Китай
CA2813960	2010-10-08	Apparatus and method for the detection of attacks taking control of the single photon detectors of a quantum cryptography apparatus by randomly changing their efficiency	ID Quantique (SK Group)	Швейцария
US20130315395	2012-05-25	Embedded authentication protocol for quantum key distribution systems	Johns Hopkins University	США
WO2012074369	2010-12-02	A system and method for exchangeable quantum key distribution	MIMOS Berhad	Малайзия
WO2012018246	2010-08-05	A six quantum state producing encoder system and a method of producing thereof	MIMOS Berhad	Малайзия
* Национальный центр прикладных исследований и разработок Малайзии, находящийся в ведении Министерства международной торговли и промышленности Малайзии				
Научно-исследовательские организации				
Коммерческие организации				
Физические лица				



#ПроектныйОфисФИПС